

DIALOG(R)File 352:Derwent WPI

(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

014004102 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2001-488316/200153

XRPX Acc No: N01-361347

Beam homogenizer for rectilinear laser beam formation in manufacture of thin film transistor, has two reflectors which split laser beam so that rectilinear laser beam is irradiated onto substrate

Patent Assignee: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB (SEME ); TANAKA K (TANA-I)

Inventor: TANAKA K

Number of Countries: 028 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
US 20010010702	A1	20010802	US 2001774637	A	20010201	200153 B
EP 1122020	A2	20010808	EP 2001102415	A	20010202	200153
JP 2001291681	A	20011019	JP 200124659	A	20010131	200201

Priority Applications (No Type Date): JP 200024615 A 20000202

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

US 20010010702	A1		57	H01S-003/08	
----------------	----	--	----	-------------	--

EP 1122020	A2	E		B23K-026/073	
------------	----	---	--	--------------	--

Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT

LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI TR

JP 2001291681	A		36	H01L-021/268	
---------------	---	--	----	--------------	--

Abstract (Basic): US 20010010702 A1

NOVELTY - The beam homogenizer has two reflectors (1106,1107) that split laser beam so that rectilinear laser beam is irradiated onto the substrate to be processed.

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following:

- (a) Laser irradiation apparatus;
- (b) Semiconductor device;
- (c) Method of fabricating semiconductor device.

USE - Beam homogenizer for rectilinear laser beam formation in laser irradiation apparatus in formation of thin film transistor in manufacture of display devices (claimed) such as active matrix liquid crystal display (LCD) device and electroluminescent (EL) display device used in portable information terminal including portable telephone, electronic notebook, personal computer, video camera, head mounted display, (goggle type display), car navigation system, car stereo, rear or front type projector, digital video disk (DVD) player, compact disk (CD) player.

ADVANTAGE - The reflector made up of cylindrical parabolic mirrors can be adjusted so that the reflected laser beams reach the same area of the surface to be irradiated, thus the laser beam is homogenized on the surface to be irradiated. The use of reflection type optical system, eliminates the problem of deterioration of lenses due to lasers

which occurs in transmission type systems. Also the reflectors can be easily repaired thereby reducing maintenance cost.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the diagram of laser irradiation apparatus.

Reflectors (1106,1107)

pp; 57 DwgNo 1A/29

Title Terms: BEAM; RECTILINEAR; LASER; BEAM; FORMATION; MANUFACTURE; THIN; FILM; TRANSISTOR; TWO; REFLECT; SPLIT; LASER; BEAM; SO; RECTILINEAR; LASER; BEAM; IRRADIATE; SUBSTRATE

Derwent Class: P81; U11; V07; V08

International Patent Class (Main): B23K-026/073; H01L-021/268; H01S-003/08

International Patent Class (Additional): G02F-001/1368; H01L-021/20;

H01L-021/336; H01L-021/84; H01L-029/786; H01S-003/00; H01S-003/10

File Segment: EPI; EngPI

**BEAM HOMOGENIZER AND LASER IRRADIATOR, SEMICONDUCTOR DEVICE,  
AND METHOD OF MANUFACTURING THE SEMICONDUCTOR DEVICE**

Patent Number: JP2001291681  
Publication date: 2001-10-19  
Inventor(s): TANAKA KOICHIRO  
Applicant(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP2001291681  
Application Number: JP20010024659 20010131  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L21/268; G02F1/1368; H01L21/20; H01L29/786; H01L21/336; H01S3/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve the problem of a linear laser beam, having uniform energy used in the annealing process of an amorphous semiconductor film where a long linear laser beam is required for mass production, a very expensive optical lens is required for forming a linear laser beam of 600 mm or longer by using the conventional transmission type optical system, and the length of 600 mm corresponds to the length of one side of a large substrate for mass production.

**SOLUTION:** The problem is solved by using an optical system comprising reflectors shown in Fig. 1. When beam splitting reflectors 1106 and 1107 are used, a linear laser beam having uniform energy can be formed through an arrangement consisting only of reflectors. The reflector can be machined very easily, as compared with a transmission type lens and can be manufactured very inexpensively in case of a large scale optical system. When the optical system is employed, a linear laser beam of 600 mm or longer can be formed relatively easily.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-291681

(P 2 0 0 1 - 2 9 1 6 8 1 A)

(43) 公開日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H01L 21/268		H01L 21/268	J
G02F 1/1368		G02F 1/1368	
H01L 21/20		H01L 21/20	
29/786		H01S 3/00	B
21/336		H01L 29/78	627 G
審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全36頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-24659 (P 2001-24659)

(22) 出願日 平成13年1月31日 (2001. 1. 31)

(31) 優先権主張番号 特願2000-24615 (P 2000-24615)

(32) 優先日 平成12年2月2日 (2000. 2. 2)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 田中 幸一郎

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

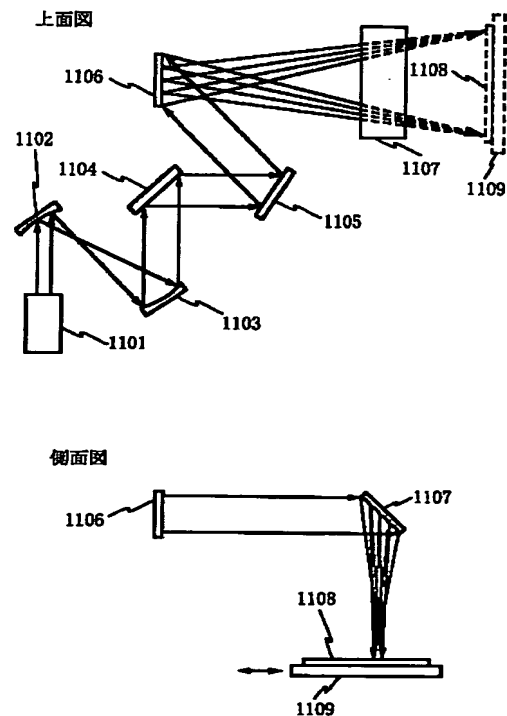
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 ビームホモジナイザおよびレーザ照射装置および半導体装置および半導体装置の作製方法

## (57) 【要約】

【課題】 非単結晶半導体膜のアニール工程には、エネルギーが均一化された線状のレーザビームがよく用いられる。量産化のため、線状のレーザビームの長尺化が課題となっているが、従来の透過式の光学系で長さ600mm以上の線状のレーザビームを形成するためには非常に高価な光学レンズが必要である。長さ600mmは量産用大型基板の短辺の長さに相当する。

【解決手段】 図1に示す反射鏡で構成された光学系を用いて、上記課題を解決する。例えば、ビーム分割する反射鏡1106と1107を使うことにより、エネルギーが均一化された線状のレーザビームが反射鏡のみの構成で形成することができる。反射鏡は、透過式のレンズと比較し遙かに加工しやすい。また、特に光学系が大型化したとき、反射鏡は非常に安価で作製できる。よって、本発明の光学系を用いることで、長さ600mm以上の線状のレーザビームを比較的容易に作製することが可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するためのビームホモジナイザであって、前記ビームホモジナイザは、ビーム分割する反射鏡を 2 つ有することを特徴とするビームホモジナイザ。

【請求項 2】 被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するためのビームホモジナイザであって、前記ビームホモジナイザはビーム分割する反射鏡を 2 つ有し、前記反射鏡はそれぞれ複数の反射面で構成されており、前記複数の反射面の任意の 1 つは、放物線の一部を前記放物線を含む平面と垂直な方向に平行移動させた前記放物線の一部の描く軌跡に一致することを特徴とするビームホモジナイザ。

【請求項 3】 被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するためのビームホモジナイザであって、前記ビームホモジナイザはビーム分割する反射鏡を 2 つ有し、前記反射鏡の 1 つは複数の反射面で構成されており、前記複数の反射面の任意の 1 つは、放物線の一部を前記放物線を含む平面と垂直な方向に平行移動させた前記放物線の一部の描く軌跡に一致し、前記反射鏡の他の 1 つは、複数の平面鏡で構成されていることを特徴とするビームホモジナイザ。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項において、前記線状に分布するレーザビームの長さは 6 0 0 mm 以上であることを特徴とするビームホモジナイザ。

【請求項 5】 被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するレーザ照射装置であって、レーザ発振器と、複数の反射面で構成されているビーム分割する反射鏡を 2 つとを有し、前記複数の反射面の任意の 1 つは、放物線の一部を前記放物線を含む平面と垂直な方向に平行移動させた前記放物線の一部の描く軌跡に一致することを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 6】 被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するためのレーザ照射装置であって、レーザ発振器と、複数の反射面で構成される第一のビーム分割する反射鏡と、複数の平面鏡で構成される第二のビーム分割する反射鏡とを有し、前記複数の反射面の任意の 1 つは、放物線の一部を前記放物線を含む平面と垂直な方向に平行移動させた前記放物線の一部の描く軌跡に一致することを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 7】 請求項 5 または請求項 6 記載の線状に分布するレーザビームの長さは 6 0 0 mm 以上であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 8】 請求項 5 または請求項 6 記載のレーザ発

振器は、エキシマレーザ、YAGレーザ、ガラスレーザのいずれかであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 9】 請求項 5 または請求項 6 記載のレーザ発振器は、YVO4レーザ、YLFレーザ、Arレーザのいずれかであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 1 0】 絶縁表面上に半導体膜と、ゲート絶縁膜と、ゲート電極とを有する半導体装置において、前記半導体膜は、ビーム分割する反射鏡を 2 つ有するビームホモジナイザにて形成された線状のレーザビームが照射されたことを特徴とする半導体装置。

【請求項 1 1】 基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、

基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、レーザビームを発生させる工程と、

前記レーザビームを 2 つのシリンドリカルの放物面鏡または、2 つの放物面鏡により拡大する工程と、拡大された前記レーザビームの進行方向を複数の平面鏡により変更する工程と、

進行方向を変更された前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される 2 つのビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面にて 1 つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、

前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、

前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 1 2】 基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、

基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、レーザビームを発生させる工程と、

前記レーザビームを 2 つのシリンドリカルの放物面鏡または、2 つの放物面鏡により拡大する工程と、拡大された前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される 2 つのビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面にて 1 つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、

前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、

前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 13】 基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、  
基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、  
レーザビームを発生させる工程と、  
前記レーザビームを 2 つのシリンドリカルの放物面鏡または、2 つの放物面鏡により拡大する工程と、  
拡大された前記レーザビームの進行方向を複数の平面鏡により変更する工程と、進行方向を変更された前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される第一のビーム分割する反射鏡と複数の平面鏡で構成される第二のビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面にて 1 つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、  
前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、  
前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 14】 基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、  
基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、  
レーザビームを発生させる工程と、  
前記レーザビームを 2 つのシリンドリカルの放物面鏡または、2 つの放物面鏡により拡大する工程と、  
拡大された前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される第一のビーム分割する反射鏡と複数の平面鏡で構成される第二のビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面にて 1 つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、  
前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、  
前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 15】 基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、  
基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、  
レーザビームを発生させる工程と、  
前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される 2 つのビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面にて 1 つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工

程と、  
前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、  
前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 16】 基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、  
基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、  
レーザビームを発生させる工程と、  
前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される第一のビーム分割する反射鏡と複数の平面鏡で構成される第二のビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面にて 1 つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、  
前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、  
前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 17】 請求項 11 乃至 16 のいずれか 1 項において、前記レーザビームの発振器は、エキシマレーザ、YAGレーザ、ガラスレーザのいずれかであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 18】 請求項 11 乃至 16 のいずれか 1 項において、前記レーザビームの発振器は、YV04レーザ、YLFレーザ、Arレーザのいずれかであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明はレーザビームのエネルギー分布をある特定の領域で均一化する装置に関する。また、前記均一化の方法に関する。また、本願発明は、前記均一化の手段を用いて作製された薄膜トランジスタで構成された回路を有する半導体装置に関する。例えば液晶表示装置に代表される電気光学装置およびその様な電気光学装置を部品として搭載した電気機器の構成に関する。なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、上記電気光学装置および電気機器も半導体装置である。

【0002】

【従来の技術】近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された非晶質半導体膜や結晶性半導体膜（単結晶でない、多

結晶、微結晶等の結晶性を有する半導体膜)、すなわち、非単結晶半導体膜に対し、レーザアニールを施して、結晶化させたり、結晶性を向上させる技術が、広く研究されている。上記半導体膜には、珪素膜がよく用いられる。

【0003】ガラス基板は、従来よく使用されてきた石英基板と比較し、安価で加工性に富んでおり、大面積基板を容易に作製できる利点を持っている。このため、上記研究が盛んに行われている。結晶化に好んでレーザが使用されるのは、ガラス基板の融点が低いからである。レーザは基板の温度をあまり変えずに非単結晶半導体膜にのみ高いエネルギーを与えることができる。

【0004】レーザアニールを施して形成された結晶性珪素膜は、高い移動度を有するため、この結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタ(TFT)を形成し、例えば、一枚のガラス基板上に、画素駆動用と駆動回路用のTFTを作製する、モノリシック型の液晶電気光学装置等に盛んに利用されている。前記結晶性珪素膜は多くの結晶粒からできているため、多結晶珪素膜、あるいは多結晶半導体膜と呼ばれる。

【0005】また、エキシマレーザ等の、出力の大きいパルス発振式のレーザビームを、被照射面において、数cm角の四角いスポットや、長さ10cm以上の線状となるように光学系にて加工し、レーザビームを走査させて(レーザビームの照射位置を被照射面に対し相対的に移動させて)、レーザアニールを行う方法が、量産性が良く、工業的に優れているため、好んで使用される。

【0006】特に、線状のレーザビームを用いると、前後左右の走査が必要なスポット状のレーザビームを用いた場合とは異なり、線状のレーザビームの線方向に直角な方向だけの走査で被照射面全体にレーザビームを照射することができるため、高い量産性が得られる。線方向に直角な方向に走査するのは、それが最も効率のよい走査方向であるからである。この高い量産性により、現在レーザアニールにはパルス発振のエキシマレーザのレーザビームを適当な光学系で加工した線状のレーザビームを使用することが主流になりつつある。

【0007】図2に、被照射面においてレーザビームの断面形状を線状に加工するための光学系の例を示す。図2中に示す光学系はきわめて一般的なものである。前記光学系は、レーザビームの断面形状を線状に変換するだけでなく、同時に、被照射面におけるレーザビームのエネルギー均一化を果たすものである。一般にビームのエネルギーの均一化を行う光学系を、ビームホモジナイザと呼ぶ。図2に示した光学系もビームホモジナイザである。

【0008】紫外光であるエキシマレーザを光源に使用するならば、上記光学系の母材は例えばすべて石英とするとよい。なぜならば、高い透過率が得られるからである。また、コーティングは、使用するエキシマレーザの

波長に対する透過率が99%以上得られるものを使用するとよい。

【0009】まず、図2の側面図について説明する。レーザ発振器1201から出たレーザビームは、シリンドリカルレンズアレイ1202aと1202bにより、レーザビームの進行方向に対し直角方向に分割される。前記直角方向を本明細書中では、縦方向と呼ぶことにする。前記縦方向は、光学系の途中でミラーが入ったとき、前記ミラーが曲げた光の方向に曲がるものとする。この構成では、4分割となっている。これらの分割されたレーザビームは、シリンドリカルレンズ1204により、いったん1つのレーザビームにまとめられる。再び分離したレーザビームはミラー1207で反射され、その後、ダブレットシリンドリカルレンズ1208により、被照射面1209にて再び1つのレーザビームに集光される。ダブレットシリンドリカルレンズとは、2枚のシリンドリカルレンズで構成されているレンズのことをいう。これにより、線状のレーザビームの短幅方向のエネルギー均一化がなされ、短幅方向の長さが決定される。

【0010】次に、上面図について説明する。レーザ発振器1201から出たレーザビームは、シリンドリカルレンズアレイ1203により、レーザビームの進行方向に対し直角方向でかつ、縦方向に対し直角方向に分割される。前記直角方向を本明細書中では、横方向と呼ぶことにする。前記横方向は、光学系の途中でミラーが入ったとき、前記ミラーが曲げた光の方向に曲がるものとする。この構成では、7分割となっている。その後、シリンドリカルレンズ1205にて、レーザビームは被照射面1209にて1つに合成される。ミラー1207以降が破線で示されているが、前記破線は、ミラー1207を配置しなかった場合の正確な光路とレンズや被照射面の位置を示している。これにより、線状のレーザビームの長手方向のエネルギーの均一化がなされ、長手方向の長さが決定される。

【0011】上述で説明したように、シリンドリカルレンズアレイ1202aとシリンドリカルレンズアレイ1202bとシリンドリカルレンズアレイ1203とがレーザビームを分割するレンズとなる。これらの分割数により、得られるレーザビームの均一性が決まる。

【0012】上記の諸レンズは、エキシマレーザに対応するため合成石英製である。また、エキシマレーザをよく透過するように表面にコーティングを施している。これにより、レンズ1つあたりのエキシマレーザの透過率は99%以上になった。

【0013】上記の構成で加工された線状のレーザビームをそのレーザビームの短幅方向に徐々にずらしながら重ねて照射することにより、例えば非単結晶珪素膜全面に対しレーザアニールを施して結晶化させたり結晶性を向上させることができる。

【0014】次に、照射対象となる半導体膜の典型的な

作製方法を示す。

【0015】まず、基板として、厚さ0.7mm、5インチ角のコーニング1737基板を用意した。基板にプラズマCVD装置を用いて、厚さ200nmのSiO<sub>2</sub>膜(酸化珪素膜)を成膜し、SiO<sub>2</sub>膜表面に厚さ50nmの非晶質珪素膜(以下、a-Si膜と表記する)を成膜した。基板を、温度500℃の窒素雰囲気にて1時間加熱して、膜中の水素濃度を減らした。これにより、膜の耐レーザ性が著しく向上した。

【0016】レーザ発振器は、ラムダ社製のXeClエキシマレーザ(波長308nm、パルス幅30ns) L3308を使用した。前記レーザ発振器はパルス発振レーザを発し、1パルスあたり500mJのエネルギーを出す能力を持っている。レーザビームのサイズは、レーザビームの出口で、10×30mm(共に半値幅)である。レーザビームの出口は、本明細書中ではレーザ発振器からレーザビームが出た直後における、レーザビームの進行方向に垂直な平面で定義する。

【0017】エキシマレーザの発生するレーザビームの形状は一般的に長方形であり、アスペクト比で表現すると、1～5位の範囲に入る。レーザビームの強度は、レーザビームの中央ほど強い、ガウシアンを示す。前記レーザビームのサイズは、図2に示した光学系により、エネルギー分布の様な125mm×0.4mmの線状のレーザビームに変換された。

【0018】本発明人の実験によると、上述の半導体膜に対しレーザビームを照射する場合、重ね合わせのピッチは線状レーザビームの短幅(半値幅)の1/10前後が最も適当であった。これにより、結晶性の前記半導体膜内における均一性が向上した。上記の例では、前記半値幅が0.4mmであったので、エキシマレーザのパルス周波数を30Hz、走査速度を1.0mm/sとし、レーザビームを照射した。このとき、レーザビームの被照射面におけるエネルギー密度は400mJ/cm<sup>2</sup>とした。これまで述べた方法は線状レーザビームを使って半導体膜を結晶化するために用いられる極めて一般的なものである。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】上記、シリンドリカルレンズアレイとシリンドリカルレンズとダブレットシリンドリカルレンズは、高い加工精度が要求される。また、多くのレンズを用いるため、互いの位置調整が難しい。よって、かなり熟練した作業者が調整をしてはじめて所望のビームを得ることができる。また、上記の光学系はおもに光学レンズにて構成されているので、光学レンズのレーザビームによる劣化が不可避である。

【0020】たとえば、光源としてKrFエキシマレーザ(波長248nm)を用いた場合、たとえ光学レンズにエキシマグレードの石英製レンズを用いたとしても、その寿命は長くても数年であり、光学系の値段を考えると

非常にコストの高いものとなる。

【0021】光学系が劣化すると主に透過率が低下する。これは、特に大出力が必要な半導体膜の結晶化工程において深刻な問題である。

【0022】また、近年、生産性の向上のため、基板の面積化が著しい。新しく開発が進んでいる量産工場扱う基板のサイズは、600×720mm以上が標準となりつつある。これに伴い、線状のレーザビームの長さも基板の、少なくとも短辺以上の長さのものが必要となってきている。このような長さの線状のレーザビームは、1つの大面積基板の全面を一度の走査でレーザアニールすることができるので、生産性に優れ非常に有用である。

【0023】また、1つの大面積基板を前記大面積基板の短辺よりも短い長さの線状のレーザビームを使って、前記大面積基板の全面をレーザアニールする場合、前記線状のレーザビームを複数回走査させなければならない。このようなレーザアニールを行った場合、例えば一度目のレーザアニールの走査により結晶化された部分と、二度目のレーザアニールの走査により結晶化された部分との境目には、半導体装置を作製することができないか、たとえその部分に作製したとしても十分な特性が得られない可能性が高い。

【0024】しかしながら、長さ600mm以上の線状のレーザビームを、従来例で示した光学系をそのまま使って作製しようとする、ダブレットシリンドリカルレンズ1208のサイズも600mm近くになる。このようなサイズのレンズの価格は非常に高く、1枚で1億円近くし、またレンズの劣化も起こることから、実用化するのが困難である。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の線状のレーザビーム形成用光学系の構成をすべて反射式の光学系に置き換えるものである。前記構成がすべて反射式の光学系に変わることにより、レンズのレーザビームによる劣化や、球面レンズによる収差の影響等が解消される。また、光学系の大形化も透過式のレンズよりも反射式の光学系を用いた方が遙かに容易となる。これにより、線状のレーザビームの長尺化も容易となる。また、調整の困難さも同時に解消されるような光学系を考案した。

【0026】本発明は特に短波長のレーザビームに有効である。特に波長が250nm以下のレーザビームが透過式のレンズに与えるダメージは非常に大きい。反射鏡に対しては、適当なコーティングをすればダメージを比較的小さくすることができる。また、反射鏡であれば、たとえダメージが生じたとしても表面のコーティングのみをやり直せば元の状態に戻すことができる。一方、透過式のレンズは、表面のコーティングは勿論のことレンズの内部にまで損傷が及ぶので、透過式のレンズ



が劣化したときは、再度レンズを作製しなければならない。

【0027】図1に本発明の線状レーザビーム形成用光学系の例を示す。本光学系はすべて反射鏡により構成されている。

【0028】まず、上面図を説明する。レーザ発振器1101から出たレーザビームは図1中、矢印の方向に伝搬される。まず、レーザビームは放物面鏡1102と1103により拡大される。この構成は、レーザ発振器1101から出るレーザビームが十分に大きい場合には必要ない。

【0029】レーザ発振器から出るレーザビームの形状によっては、前記レーザビームの1方向のみを拡大してもよい。この場合は、放物面鏡1102と1103には、シリンドリカルの放物面鏡を用いる。本明細書中、シリンドリカルの放物面鏡とは、図3にその断面図の一例を示したが、シリンドリカルの放物面鏡の反射面が、放物線1306の一部を前記放物線1306を含む平面と垂直な方向に平行移動させた前記放物線1306の一部の描く軌跡に一致するものと定義する。

【0030】本発明の光学系は、平面鏡、放物面鏡、シリンドリカルの放物面鏡の組み合わせにより構成される。

【0031】拡大されたレーザビームは、2つの平面鏡1104と1105とにより複数個のシリンドリカルの放物面鏡で構成された反射鏡1106に入射する。前記複数個のシリンドリカルの放物面鏡が有する反射面に含まれる任意の直線は互いに平行に配置する。反射鏡1106の形状は、凹シリンドリカルレンズアレイに近いが、曲面の形状が異なる。2つの平面鏡1104、1105は、拡大されたレーザビームを反射鏡1106に正確に入射させる役割を果たす。2つの平面鏡1104、1105は、その役割からわかるように必ずしも2枚である必要はなく、2枚以上の複数枚で構成されていてもよい。

【0032】反射鏡1106を構成する任意の1つのシリンドリカル放物面鏡からの反射光は、一端前記放物面の焦点で集光され、破線で描かれている被照射面1108にてある特定の範囲に広がる。上面図中破線で描かれている図形は、反射鏡1107を配置しなかった場合の正確なレーザビームの光路と、前記光路に合わせて配置する被照射面1108とステージ1109を表している。

【0033】放物面鏡の焦点の位置は放物面の形によって決定される。よって、反射鏡1106を構成するシリンドリカル放物面鏡のそれぞれの焦点の位置を適当に決定すれば、すべてのシリンドリカル放物面鏡からの光をある特定の範囲に集めることができる。これにより線状のレーザビームの、長手方向のエネルギー分布の均一化がなされる。上面図中の反射鏡1107は、反射鏡

1106と同様のものである。反射鏡1107により、レーザビームは紙面の垂直方向に曲げられる。

【0034】上記複数個のシリンドリカル放物面鏡で構成された反射鏡1106の例を図3に示す。図3中、複数個のシリンドリカル放物面鏡で構成された反射鏡1300は、2つのシリンドリカル放物面鏡1301、1302を含んでいる。一般に知られているように、放物面鏡は平行光線を一点に集光させる。よって、適当な放物面鏡を形成すれば、図3の矢印で示すように光を反射させることができる。図3中の矢印は、レーザビームの進行方向を示す。シリンドリカル放物面鏡1301の反射面を延長した図形を破線1306で示した。破線1306と前記シリンドリカル放物面鏡1301とで放物線が形成される。前記放物線の焦点は、点1304に位置しており、レーザビームが点1304に集光されるように、シリンドリカル放物面鏡1301に対するレーザビームの入射方向を選ぶ。前記放物線1306の線対称な直線と平行な方向からレーザビームを入射させれば、点1304にレーザビームを集光させることができる。

【0035】シリンドリカル放物面鏡1301からの反射されたレーザビームは、被照射面1303で、ある特定の範囲に広がる。また、シリンドリカル放物面鏡1302から同様に反射されたレーザビームも、前記シリンドリカル放物面鏡1302を含む放物線の焦点1305で、いったん集光された後、被照射面1303で前記ある特定の範囲に広がる。2つのシリンドリカル放物面鏡1301、1302から反射された2束のレーザビームは、被照射面1303にて1つに合成される。すなわち、被照射面1303にて、レーザビームが均一化される。

【0036】次に、図1の側面図について説明する。反射鏡1106から反射されたレーザビームは、反射鏡1107により、反射鏡1107を構成する複数のシリンドリカル放物面のそれぞれの焦点に集光される。その後、複数の焦点に集光されたレーザビームはそれぞれ被照射面1108にて同一領域に広がる。これにより線状のレーザビームの、短幅方向のエネルギー分布の均一化がなされる。反射鏡1106、1107は、それぞれ上述した以外の形状のものを使っても同様の役割を果たすものがある。これらについては、実施例にて詳しく述べる。

【0037】1つ例を挙げると、反射鏡1107は線状のレーザビームの短幅方向におけるエネルギーの均一化をするものなので、レーザビームを大きく拡大する必要はない。よって、反射鏡1107の代わりに、複数の平面鏡で構成された反射鏡1601（図6参照。）を用いることもできる。各平面鏡からの反射光を同一領域に集めることにより、レーザビームのエネルギー分布を均一化できる。反射鏡1601に関しては以下の実施例で詳

しく述べる。

【0038】反射鏡1106や反射鏡1107のように、レーザビームを分割する役割を果たす反射鏡を、本明細書中ではビーム分割する反射鏡と呼称するとする。本明細書中のビーム分割する反射鏡は、レーザビームを分割後、1つに合成する役割も兼ねている。

【0039】本発明の光学系により、長さ600mm超の線状のレーザビームを形成することを考えたとき、最もサイズの大きくなる反射鏡は、反射鏡1107である。反射鏡1107は、図2に示した従来の光学系においては、シリンドリカルレンズアレイ1202aと、シリンドリカルレンズ1204と、シリンドリカルレンズアレイ1202bと、ダブレットシリンドリカルレンズ1208とに相当する。従来の光学系にて、長さ600mm超の線状のレーザビームを作製するためには、ダブレットシリンドリカルレンズ1208のサイズを600mm程度にしなければならないことから、線状のレーザビームの長尺化における反射鏡1107の役割は多大である。

【0040】他の反射鏡に関しては、線状のレーザビームが長尺化したとしても比較的小さいサイズで作製することができる。よって、光学系の作りやすさを考慮に入れると、前記他の反射鏡に関しては、従来使用していた透過型のレンズを使っても構わない。ただし、波長が紫外光の範囲で大出力の光に対応する透過型のレンズは非常に高価であり、また劣化が起りやすい欠点を有していることから、やはり透過型のレンズを本光学系に利用するのは好ましくない。

【0041】従来型の光学系で、特に高価なものはシリンドリカルアレイレンズと、ダブレットシリンドリカルレンズである。よって、これらのレンズのみ本発明の光学系と置き換えてもよい。低コスト化を考慮すると、これが線状のレーザビームの長尺化には必要不可欠の要素となる。すなわち、本発明において不可欠な反射鏡は、反射鏡1106と反射鏡1107である。(ただし、反射鏡1106や反射鏡1107と同等の役割を果たす反射鏡に置換してもよい。前記反射鏡の例は後の実施例にて示す。)他の反射鏡は、透過型のレンズに置き換えても、劣化するたびに交換すればよい。しかしながら、やはり、図1に記載したような反射鏡のみで構成された光学系が最も経済性の高い構成であると考えられる。

【0042】本発明において、レーザビームの大きさが十分であれば、レーザビームを拡大するための、2つの放物面鏡1102、1103は必要ない。また、レーザビームの入射方向を変更する必要がある場合、例えば、レーザ発振器そのものが動いてレーザビームの入射方向が変更できるようになっている場合には、平面鏡1104、1105は必要ない。すなわち、レーザビームを拡大するための光学系と、レーザビームの入射方向を変更させるための光学系は本発明に必ずしも必要ではない。

【0043】本発明の光学系と組み合わせるレーザ発振器は、大出力でかつ半導体膜によく吸収される波長域が好ましい。半導体膜として珪素膜を用いた場合、吸収率を考慮し、用いるレーザ発振器の出すレーザビームの波長は600nm以下であることが好ましい。このようなレーザビームを出すレーザ発振器には、例えば、エキシマレーザ、YAGレーザ(高調波)、ガラスレーザ(高調波)がある。

【0044】また、現在の技術ではまだ大出力は得られていないが、珪素膜の結晶化に適当な波長域にあるレーザ発振器として、例えば、YVO4レーザ(高調波)、YLFレーザ(高調波)、Arレーザがある。

【0045】本発明の1つは、被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するためのビームホモジナイザであって、前記ビームホモジナイザは、ビーム分割する反射鏡を2つ有することを特徴とするビームホモジナイザである。

【0046】本発明の他の1つは、被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するためのビームホモジナイザであって、前記ビームホモジナイザはビーム分割する反射鏡を2つ有し、前記反射鏡はそれぞれ複数の反射面で構成されており、前記複数の反射面の任意の1つは、放物線の一部を前記放物線を含む平面と垂直な方向に平行移動させた前記放物線の一部の描く軌跡に一致することを特徴とするビームホモジナイザである。

【0047】本発明の他の構成は、被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するためのビームホモジナイザであって、前記ビームホモジナイザはビーム分割する反射鏡を2つ有し、前記反射鏡の1つは複数の反射面で構成されており、前記複数の反射面の任意の1つは、放物線の一部を前記放物線を含む平面と垂直な方向に平行移動させた前記放物線の一部の描く軌跡に一致し、前記反射鏡の他の1つは、複数の平面鏡で構成されていることを特徴とするビームホモジナイザである。

【0048】ビームホモジナイザの発明において、前記線状に分布するレーザビームの長さは600mm以上であると大面積の基板に効率よくレーザビームを照射できるのでよい。

【0049】本発明の他の構成は、被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するレーザ照射装置であって、レーザ発振器と、複数の反射面で構成されているビーム分割する反射鏡を2つとを有し、前記複数の反射面の任意の1つは、放物線の一部を前記放物線を含む平面と垂直な方向に平行移動させた前記放物線の一部の描く軌跡に一致することを特徴とするレーザ照射装置である。

【0050】本発明の他の構成は、被照射面において線状に分布するレーザビームを形成するためのレーザ照射装置であって、レーザ発振器と、複数の反射面で構成される第一のビーム分割する反射鏡と、複数の平面鏡で構

成される第二のビーム分割する反射鏡と、を有し、前記複数の反射面の任意の1つは、放物線の一部を前記放物線を含む平面と垂直な方向に平行移動させた前記放物線の一部の描く軌跡に一致することを特徴とするレーザ照射装置である。

【0051】レーザ照射装置の発明において、前記線状に分布するレーザビームの長さは600mm以上であると大面積の基板に効率よくレーザビームを照射できるのでよい。

【0052】レーザ照射装置の発明において、前記レーザ発振器は、エキシマレーザ、YAGレーザ、ガラスレーザのいずれかであると、珪素膜に対するレーザビームのエネルギー吸収率が高く、容易に大出力が得られるのでよい。

【0053】レーザ照射装置の発明において、前記レーザ発振器は、YVO4レーザ、YLFレーザ、Arレーザのいずれかであると珪素膜に対するレーザビームのエネルギー吸収率が高いのでよい。

【0054】本発明の他の構成は、絶縁表面上に半導体膜と、ゲート絶縁膜と、ゲート電極とを有する半導体装置において、前記半導体膜には、ビーム分割する反射鏡を2つ有するビームホモジナイザにて形成された線状のレーザビームが照射されたことを特徴とする半導体装置である。

【0055】上記絶縁表面上に半導体膜と、ゲート絶縁膜と、ゲート電極とを有する半導体装置の作製方法は実施例にて詳しく記した。

【0056】本発明の他の構成は、基板上にTF Tを設けた半導体装置の作製方法において、基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、レーザビームを発生させる工程と、前記レーザビームを2つのシリンドリカルの放物面鏡または、2つの放物面鏡により拡大する工程と、拡大された前記レーザビームの進行方向を複数の平面鏡により変更する工程と、進行方向を変更された前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される2つのビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面に1つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0057】本発明の他の構成は、基板上にTF Tを設けた半導体装置の作製方法において、基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、レーザビームを発生させる工程と、前記レーザビームを2つのシリンドリカルの放

物面鏡または、2つの放物面鏡により拡大する工程と、拡大された前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される2つのビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面に1つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0058】本発明の他の構成は、基板上にTF Tを設けた半導体装置の作製方法において、基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、レーザビームを発生させる工程と、前記レーザビームを2つのシリンドリカルの放物面鏡または、2つの放物面鏡により拡大する工程と、拡大された前記レーザビームの進行方向を複数の平面鏡により変更する工程と、進行方向を変更された前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される第一のビーム分割する反射鏡と複数の平面鏡で構成される第二のビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面に1つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0059】本発明の他の構成は、基板上にTF Tを設けた半導体装置の作製方法において、基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、レーザビームを発生させる工程と、前記レーザビームを2つのシリンドリカルの放物面鏡または、2つの放物面鏡により拡大する工程と、拡大された前記レーザビームを複数のシリンドリカルの放物面鏡で構成される第一のビーム分割する反射鏡と複数の平面鏡で構成される第二のビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面に1つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴と

する半導体装置の作製方法である。

【0060】本発明の他の構成は、基板上にTFTを設けた半導体装置の作製方法において、基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、レーザビームを発生させる工程と、前記レーザビームを複数のシリンドリカル放物面鏡で構成される2つのビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面にて1つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0061】本発明の他の構成は、基板上にTFTを設けた半導体装置の作製方法において、基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、レーザビームを発生させる工程と、前記レーザビームを複数のシリンドリカル放物面鏡で構成される第一のビーム分割する反射鏡と複数の平面鏡で構成される第二のビーム分割する反射鏡にて分割し、さらに分割された前記レーザビームを被照射面にて1つの線状のレーザビームに合成し、前記被照射面における前記線状のレーザビームのエネルギー分布を均一化する工程と、前記非単結晶半導体膜が形成された前記基板をステージに設置し、前記非単結晶半導体膜の表面を前記被照射面に一致させる工程と、前記線状のレーザビームを照射させながら前記ステージを前記レーザビームに対して相対的に走査させ、前記非単結晶半導体膜をレーザアニールする工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0062】上記発明に記載のレーザビームの発振器は、エキシマレーザ、YAGレーザ、ガラスレーザのいずれかであると、珪素膜に対するレーザビームのエネルギー吸収率が高く、容易に大出力が得られるのでよい。

【0063】上記発明に記載のレーザビームの発振器は、YV04レーザ、YLFレーザ、Arレーザのいずれかであると珪素膜に対するレーザビームのエネルギー吸収率が高いのでよい。

【0064】

【発明の実施の形態】まず、基板として127×127×0.7mmのガラス基板（コーニング1737）を用意する。この基板は600℃までの温度であれば十分な耐久性がある。前記ガラス基板上に下地膜として酸化珪素膜を200nm成膜する。さらに、その上から非晶質珪素膜を55nmの厚さに成膜する。成膜は、共にスパッタ法にて行う。あるいはプラズマCVD法にて成膜してもよい。

【0065】上記成膜済の基板を、450℃の窒素雰囲気

気中にて1時間加熱する。本工程は非晶質珪素膜中の水素濃度を減らすための工程である。膜中の水素が多すぎると膜がレーザエネルギーに対して耐えきれないので本工程をいれる。前記膜内の水素の濃度は1020/cm<sup>3</sup>オーダーが適当である。ここで、1020/cm<sup>3</sup>とは、1cm<sup>3</sup>あたりに水素原子が1020個存在するという意味である。

【0066】本実施例では、レーザ発振器として、ラムダフィジック社製L3308XeClエキシマレーザを使う。前記エキシマレーザは、パルスレーザである。前記エキシマレーザの最大エネルギーは、1パルスあたり500mJ、発振波長は308nm、最大周波数は300Hzである。基板1枚をレーザ処理する間、該パルスレーザの1パルスごとのエネルギー変動は、±10%以内、好ましくは±5%以内に収まっていると、均一な結晶化が行える。

【0067】ここで述べているレーザエネルギーの変動は、以下のように定義する。すなわち、基板1枚を照射している期間のレーザエネルギーの平均値を基準とし、その期間の最小エネルギーまたは最大エネルギーと前記平均値との差を%で表したものである。

【0068】前記膜に対するレーザビームの照射は、ステージ1109上で行う。レーザビームのピントは前記膜表面に合うように調整する。ピントを正確に合わせるための光学系の調整は、以下の要領で行う。

【0069】まず、放物面鏡1102と1103とのそれぞれの焦点を一致させ、レーザ発振器1101から出たレーザビームの拡大を行う。さらに、2枚の平面鏡1104、1105により、レーザビームを反射鏡1106の中央に導入する。反射鏡1106の傾きを微調整することにより、被照射面1108における線状のレーザビームの大まかな位置を決定する。線状のレーザビームの長手方向におけるエネルギー分布の調整はこれで十分である。ただし、反射鏡1106と被照射面1108との光学的距離は、所定の距離に調整しておく。この距離も厳密に合わせる必要はない。

【0070】次に、線状のレーザビームの短幅方向のエネルギー分布を調整する。始めに、目視で反射鏡1107の傾きを調整する。このとき、被照射面1108で、レーザビームが1本の線になるように、おおまかな調整を行う。前記傾きが適当な位置から極端にずれていると、レーザビームが被照射面において1本にならない。つぎに、上記膜にレーザビームを照射し、そのレーザビームの照射跡を調べる。もし、ピントが正確にあっていなければ、レーザビームの照射跡は、ある分布をもったものとなる。すなわち、反射鏡1107で分割された複数のレーザビームが被照射面1108にて完全に1つに重なっておらず、均一なビームができていない状態となっている。このようなときは反射鏡1107の傾きを微調整し、上記複数のレーザビームができるだけ1つに重

なり合うようにする。反射鏡 1107 の傾きのみの調整で、うまくレーザビームが 1 つにならないのであれば、ステージ 1109 の高さを微調整する。

【0071】線状のレーザビームのエネルギー分布の均一性を高めるには、ステージ 1109 の高さで反射鏡 1107 の傾きを精密に調整するとよい。このように、本発明の光学系は、光学系の微調整箇所が 2 カ所しかないもので、非常に簡単に調整できる。

【0072】一方、従来の光学系は、シリンドリカルレンズアレイ、シリンドリカルレンズ、ダブレットシリンドリカルレンズ、ミラー、ステージと、線状のレーザビームのエネルギー分布の均一性を決める光学系の微調整部分が 5 カ所もあった。

【0073】以上のことから、本発明により、光学調整に要する時間が飛躍的に短縮されることがわかる。上述の手順で所望の均一な線状のレーザビームが得られたら、上記で作製した半導体膜の全面にレーザビームの照射を行う。

【0074】レーザビームの照射は例えば、図 1 に示したステージ 1109 を矢印の方向に走査させながら行う。このとき、被照射面におけるレーザビームのエネルギー密度や、走査のスピードは、実施者が適宜決めればよい。だいたい目安は、エネルギー密度  $200 \text{ mJ/cm}^2 \sim 1000 \text{ mJ/cm}^2$  の範囲である。走査のスピードは、線状のレーザビームの短幅が 90% 程度もしくはそれ以上で互いに重なり合う範囲で適当なものを選ぶと、均一なレーザアニールを行える可能性が高い。最適な走査スピードは、レーザ発振器の周波数に依存し、前記周波数に比例すると考えてよい。

【0075】こうして、レーザアニール工程が終了する。上記工程を繰り返すことにより、多数の基板を処理できる。前記基板を利用して例えばアクティブマトリクス型の液晶ディスプレイを作製することができる。前記作製は、実施者が公知の方法に従って行えばよい。

【0076】本発明の光学系は、長さ 600 mm を超える線状のレーザビームを容易に作り出すことができるので、大量生産のラインに組み込むのに適している。レーザ発振器は、レーザビームを長尺化してもエネルギー密度が十分ある大出力のものを使う。必要な出力は線状レーザビームの短幅長やレーザビームの波長にもよるが、1 パルスあたり、1 J 以上はある方がよい。

【0077】上記の例ではレーザ発振器にエキシマレーザを用いたが、それ以外に YAG レーザの高調波やガラスレーザの高調波を用いても同様な大出力が得られ、かつ珪素膜にレーザビームのエネルギーが良く吸収されるので好ましい。その他、珪素膜の結晶化に適当なレーザ発振器として、YVO4 レーザ、YLF レーザ、Ar レーザなどがある。これらのレーザビームの波長域は珪素膜によく吸収される。

【0078】上記の例では、非単結晶半導体膜には非晶

質珪素膜を使ったが、本発明は他の非単結晶半導体にも適用できることが容易に推測できる。例えば、非単結晶半導体膜に非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を使用しても良い。あるいは、後の実施例にて作製方法の例を示すが、非単結晶半導体膜に多結晶珪素膜を使用してもよい。

【0079】

【実施例】〔実施例 1〕本実施例では、発明実施の形態に記載した光学系とは別の光学系の例を挙げる。

【0080】図 4 に本実施例で説明する光学系の例を示す。図 4 に示した光学系の構成は、反射鏡 1106 を除いて図 1 で示した光学系の構成と全く同じである。よって、図 1 で示した光学系をそのまま利用できる部分の光学系については、図 4 中でも、図 1 と同一符号を用いる。

【0081】図 4 中、反射鏡 1401 にレーザビームが達するまでは、図 1 に示した光学系と全く同じ光路を通る。反射鏡 1401 は、反射鏡 1106 と同様に複数のシリンドリカル放物面鏡で構成される。反射鏡 1106 が凹面鏡の集合体である一方で、反射鏡 1401 は凸面鏡の集合体である。この点で両者は異なる。よって、反射鏡 1401 に入射した図中の矢印で示したレーザビームは、反射した後、図 4 中に描いた矢印の方向に広がりながら進む。そして、被照射面 1108 のある特定の範囲に広がる。

【0082】図 7 に、反射鏡 1401 の形状の詳細を示す。図 7 は、図 4 と同一方向から見た図面である。図 4 中、反射鏡 1401 は、4 つのシリンドリカル放物面鏡を有しているが、図 7 では簡略化のため 2 つのシリンドリカル放物面鏡を有する反射鏡 1700 を使って説明する。

【0083】図 7 中、シリンドリカル放物面鏡 1701 は点 1704 を焦点にもつ放物線 1705 の一部で示せる。放物線 1705 を 2 等分する直線とレーザビームの入射方向とを平行にすると、前記レーザビームは、シリンドリカル放物面鏡 1701 から焦点 1704 を中心として広がりながら反射する。前記反射したレーザビームは、被照射面 1703 にてある特定の範囲に広がる。

【0084】同様にして、シリンドリカル放物面鏡 1702 から反射したレーザビームも被照射面 1703 で、ある特定の範囲に広がる。シリンドリカル放物面鏡 1701、1702 から反射されたレーザビームは両者共に、被照射面 1703 の同一領域に達するように、前記シリンドリカル放物面鏡 1701、1702 の反射面は調整されている。これにより、反射鏡 1700 に入射したレーザビームは被照射面 1703 にて均一化された。

【0085】本実施例で示した光学系を利用して、例えば発明実施の形態に従った方法にて、半導体膜のレーザ

アニールを行う。前記半導体膜を利用して例えばアクティブマトリクス型の液晶ディスプレイを作製することができる。前記作製は、実施者が公知の方法に従って行えばよい。

【0086】〔実施例2〕本実施例では、実施例1とは異なる他の光学系の例を示す。

【0087】図5に本実施例で説明する光学系の例を示す。図5に示した光学系の構成は、反射鏡1106を除いて図1で示した光学系の構成と全く同じである。よって、図1で示した光学系をそのまま利用できる部分の光学系については、図5中でも、図1と同一符号を用いる。

【0088】図5中、反射鏡1501にレーザビームが達するまでは、図1に示した光学系と全く同じ光路を通る。反射鏡1501は、反射鏡1106と同様に複数のシリンジカルな放物面鏡から構成される。反射鏡1106が凹面鏡の集合体である一方で、反射鏡1501は凸面鏡と凸面鏡の集合体である。図5の例では、凸面鏡と凹面鏡とが交互に配置されている。この点で両者は異なる。反射鏡1501に入射した図中の矢印で示したレーザビームは、反射した後、図5中に描いた矢印の方向に進む。そして、被照射面1108のある特定の範囲に広がる。

【0089】反射鏡1501のように凹面鏡と凸面鏡とを混在させても、反射鏡1106や1401と同様の機能を持たすことができる。図3や図7に沿って詳しく説明した反射面の形状を混在させれば、反射鏡1501ができる。反射鏡1501は、凹面鏡と凸面鏡とを交互に配置したが、例えば凸凸凹凹や、凹凸凸凹の順に配置しても構わない。

【0090】本実施例で示した光学系を利用して、例えば発明実施の形態に従った方法にて、半導体膜のレーザアニールを行う。前記半導体膜を利用して例えばアクティブマトリクス型の液晶ディスプレイを作製することができる。前記作製は、実施者が公知の方法に従って行えばよい。

【0091】〔実施例3〕本実施例では、実施例1及び2とは異なる他の光学系の例を示す。

【0092】図6に本実施例で説明する光学系の例を示す。図6に示した光学系の構成は、反射鏡1107を除いて図1で示した光学系の構成と全く同じである。よって、図1で示した光学系をそのまま利用できる部分の光学系については、図6中でも、図1と同一符号を用いる。

【0093】図6中、レーザビームは、反射鏡1601に達するまでは図1に示した光学系と全く同じ光路を通る。反射鏡1601は、反射鏡1106とは異なり複数の平面鏡で構成される。各平面鏡からの反射光が被照射面1108にて1つに合成される。これにより、反射鏡1601は、反射鏡1107と同様の機能を持たせるこ

とができる。前記反射鏡1601は、線状のレーザビームの短幅長方向においてエネルギー分布を均一化するためレーザビームを拡大する必要がない。すなわち、反射鏡1601は平面鏡の構成でよい。

【0094】反射鏡1601の拡大図を図8に反射鏡1800として示す。レーザビームは、反射鏡1800を構成する複数の平面鏡1801、1802、1803に反射後、ある平面1804にて同一領域に集光する。すなわち、反射鏡1800にて、ある平面においてレーザビームのエネルギー分布を均一化することができる。

【0095】本実施例にて示した反射鏡1601は、発明実施の形態や実施例1～2で示した光学系と自由に組み合わせる実施することができる。

【0096】〔実施例4〕本実施例では、多結晶珪素膜にレーザビームを照射する例を示す。まず、多結晶珪素膜を作製する方法を述べる。

【0097】ガラス基板には、コーニング1737を用いる。前記ガラス基板の片方の面に、厚さ200nmの酸化珪素膜と、厚さ50nmの非晶質珪素膜を順に成膜する。成膜方法は、プラズマCVD法や、スパッタ法等にて行えばよい、その後、熱アニール法にて非晶質珪素膜を結晶化させる。熱アニール法は、例えば、窒素雰囲気中、600℃の雰囲気中に非晶質珪素膜を24時間さらして行う。

【0098】あるいは、RTA法などで結晶化させてもよい。また、特開平7-130652号公報に記載の方法で、前記非晶質珪素膜を結晶化させてもよい。その場合の例を以下に説明する。

【0099】まず、ガラス基板上に下地膜（例えば厚さ200nmの酸化珪素膜）を、非晶質半導体膜を25～100nmの厚さで形成する。非晶質半導体膜は非晶質珪素膜、非晶質珪素・ゲルマニウム（a-SiGe）膜、非晶質炭化珪素（a-SiC）膜、非晶質珪素・スズ（a-SiSn）膜などが適用できる。これらの非晶質半導体膜は水素を前記非晶質半導体膜に含まれる全原子数の0.1～40%程度含有するようにして形成すると良い。例えば、非晶質珪素膜を55nmの厚さで形成する。そして、重量換算で10ppmの触媒元素を含む溶液をスピナーで基板を回転させて塗布するスピコート法で触媒元素を含有する層を形成する。触媒元素にはニッケル（Ni）、ゲルマニウム（Ge）、鉄（Fe）、パラジウム（Pd）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、コバルト（Co）、白金（Pt）、銅（Cu）、金（Au）などを用いる。この触媒元素を含有する層は、スピコート法の他に印刷法やスプレー法、バーコーター法、或いはスパッタ法や真空蒸着法によって上記触媒元素の層を1～5nmの厚さに形成しても良い。

【0100】結晶化の工程では、まず窒素雰囲気にて400～500℃で1時間程度の熱処理を行い、非晶質珪素膜の含有水素量を前記非晶質珪素膜に含まれる全原子

数の5%以下にする。非晶質珪素膜の含有水素量が成膜後において最初からこの値である場合にはこの熱処理は必ずしも必要でない。そして、ファーネスアニール炉を用い、窒素雰囲気中で550~600℃で1~8時間の熱アニールを行う。以上の工程により多結晶珪素膜から成る多結晶半導体膜を得ることができる。しかし、この熱アニールによって作製された多結晶半導体膜は、光学顕微鏡観察により観察すると局所的に非晶質領域が残存していることが観察されることがあり、このような場合、同様にラマン分光法では480cm<sup>-1</sup>にブロードなピークを持つ非晶質成分が観測される。そのため、熱アニールの後に本実施例が開示するレーザーアニール法で前記多結晶半導体膜を処理してその結晶性を高めることは有効な手段として適用できる。

【0101】次に触媒元素を用いる他の結晶化法の例で、触媒元素を含有する層をスパッタ法により形成する方法を説明する。まず、同様にして、ガラス基板上に下地膜、非晶質半導体膜を25~100nmの厚さで形成する。そして、非晶質半導体膜の表面に0.5~5nm程度の酸化膜を形成する。このような厚さの酸化膜は、プラズマCVD法やスパッタ法などで積極的に該当する被膜を形成しても良いが、100~300℃に基板を加熱してプラズマ化した酸素雰囲気中に非晶質半導体膜の表面を晒しても良いし、過酸化水素水(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)を含む溶液に非晶質半導体膜の表面を晒して形成しても良い。或いは、酸素を含む雰囲気中で紫外線光を照射してオゾンが発生させ、そのオゾン雰囲気中に非晶質半導体膜を晒すことによって形成できる。

【0102】このようにして表面に薄い酸化膜を有する非晶質半導体膜上に前記触媒元素を含有する層をスパッタ法で形成する。この層の厚さに限定はないが、10~100nm程度の厚さに形成すれば良い。例えば、Niをターゲットとして、Ni膜を形成することは有効な方法である。スパッタ法では、電界で加速された前記触媒元素から成る高エネルギー粒子の一部が基板側にも飛来し、非晶質半導体膜の表面近傍、または該半導体膜表面に形成した酸化膜中に打ち込まれる。その割合はプラズマ生成条件や基板のバイアス状態によって異なるものであるが、好適には非晶質半導体膜の表面近傍や該酸化膜中に打ち込まれる触媒元素の量を1×10<sup>11</sup>~1×10<sup>14</sup>/cm<sup>2</sup>程度となるようにすると良い。

【0103】その後、触媒元素を含有する層を選択的に除去する。例えば、この層がNi膜で形成されている場合には、硝酸などの溶液で除去することが可能であり、または、フッ酸を含む水溶液で処理すればNi膜と非晶質半導体膜上に形成した酸化膜を同時に除去できる。いずれにしても、非晶質半導体膜の表面近傍の触媒元素の量を1×10<sup>11</sup>~1×10<sup>14</sup>/cm<sup>2</sup>程度となるようにしておく。そして、同様にして熱アニールによる結晶化の工程を行い、多結晶半導体膜を得ることができる。前記多

結晶半導体膜に本発明が開示する装置、および方法にてレーザーアニールを行う。

【0104】用いるレーザー照射装置は、発明実施の形態や実施例1~3で使ったものとする。また、レーザー照射方法も発明実施の形態と同様にすればよい。ただし、照射対象が、発明実施の形態で示したものとやや異なるので、レーザービームの被照射面でのエネルギー密度や、走査スピードなどは、実施者が適宜決定しなければならない。

10 【0105】上記製法で作製された多結晶半導体膜を基に、アクティブマトリクス基板を完成させることができる。しかし、結晶化の工程において珪素の結晶化を助長する触媒元素を使用した場合、島状半導体層中には微量(1×10<sup>17</sup>~1×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>程度)の触媒元素が残留する。勿論、そのような状態でもTFTを完成させることが可能であるが、残留する触媒元素を少なくともチャネル形成領域から除去する方がより好ましかった。この触媒元素を除去する手段の一つにリン(P)によるゲッタリング作用を利用する手段がある。

20 【0106】この目的におけるリン(P)によるゲッタリング処理は、半導体層の活性化工程で同時に行うことができる。ゲッタリングに必要なリン(P)の濃度は高濃度n型不純物領域の不純物濃度と同程度でよく、活性化工程の熱アニールにより、nチャネル型TFTおよびpチャネル型TFTのチャネル形成領域から触媒元素をリン(P)を含有する不純物領域へ偏析させることができる。その結果、前記不純物領域には1×10<sup>17</sup>~1×10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>程度の触媒元素が偏析した。このようにして作製したTFTはオフ電流値が下がり、結晶性が良いことから高い電界効果移動度が得られ、良好な特性を達成することができる。

30 【0107】〔実施例5〕本実施例では、大量生産用のレーザー照射装置の例を図9に沿って示す。図9はレーザー照射装置の上面図である。前記レーザー照射装置の例は、基板サイズ600×720mm以上のものにも適用できる。

40 【0108】ロードアンロード室1901から、トランスファ室1902に設置された搬送用のロボットアーム1903を使って非単結晶珪素膜が成膜された基板を運ぶ。前記非単結晶珪素膜は上述の例に示した方法に従って作製すればよい。まず、基板は、アライメント室1904で位置合わせがなされた後、プレヒート室1905に運ばれる。ここで例えば赤外線ランプヒータを使って基板の温度を所望の温度、例えば300℃程度にあらかじめ加熱しておいてもよい。基板の加熱は、レーザービームのエネルギー密度が非単結晶半導体膜をレーザーアニールするのに十分でない場合にレーザービームのエネルギーを補うことを目的として行われる。その後、ゲートバルブ1906を経由し、レーザー照射室1907に基板を設置する。その後、ゲートバルブ1906を閉める。

50



【0109】レーザビームは、発明実施の形態で示したレーザ発振器1900を出た後、本発明が開示する光学系1909を介し、石英窓1910の直上に設置した図示しない反射鏡1107（反射鏡1601でもよい。）で90度下方に曲げられ、石英窓1910を介し、レーザ照射室1907内にある被照射面にて線状のレーザビームに加工される。レーザビームは、照射面に設置された基板に照射される。光学系1909は、前述に示したものを使用すればよい。また、それに準ずる構成のものを使用してもよい。石英窓はエキシマグレードのものを  
10 用いると高い透過率が得られ、またレーザビームに対する耐久性が高いのでよい。

【0110】レーザビームの照射の前にレーザ照射室1907の雰囲気、真空ポンプ1911を使って高真空（10-3Pa）程度に引いてもよい。または、真空ポンプ1911とガスボンベ1912を使って所望の雰囲気にしてもよい。前記雰囲気は、前述したように、He、Ar、H<sub>2</sub>、あるいはそれらの混合気体でもよい。あるいは、特にレーザ照射室1907の雰囲気制御をしなくても構わない。

【0111】その後、レーザビームを照射しながら、移動機構1913により基板を走査させることで、基板に線状のレーザビームを照射する。このとき、図示しない赤外線ランプを線状のレーザビームが照射されている部分に当ててもいい。これにより、レーザビームのエネルギーの不足分を補うことができる。

【0112】レーザビームの照射が終了後は、クーリング室1908に基板を運び、基板を徐冷したのち、アライメント室1904を経由してロードアンロード室1901に基板を帰す。これら一連の動作を繰り返すことで、基板を多数、レーザアニールできる。

【0113】実施例5は発明実施の形態や他の実施例と組み合わせて用いることができる。

【0114】[実施例6]本発明の実施例を図10～図12に沿って説明する。ここでは、画素部の画素TFTおよび保持容量と、画素部の周辺に設けられる駆動回路のTFTを同時に作製する方法について工程に従って詳細に説明する。

【0115】図10（A）において、基板101にはコーニング社の#7059ガラスや#1737ガラスなどに代表されるバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板や石英基板などを用いる。ガラス基板を用いる場合には、ガラス歪み点よりも10～20℃程度低い温度であらかじめ熱処理しておいてもよい。そして、基板101のTFTを形成する表面に、基板101からの不純物拡散を防ぐために、酸化珪素膜、窒化珪素膜または酸化窒化珪素膜などの絶縁膜から成る下地膜102を形成する。例えば、プラズマCVD法でSiH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>Oから作製される酸化窒化珪素膜102aを10～200nm（好ましくは50～1  
50

00nm）、同様にSiH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oから作製される酸化窒化水素化珪素膜102bを50～200nm（好ましくは100～150nm）の厚さに積層形成する。ここでは下地膜102を2層構造として示したが、前記絶縁膜の単層膜または2層以上積層させて形成しても良い。

【0116】酸化窒化珪素膜は平行平板型のプラズマCVD法を用いて形成する。酸化窒化珪素膜102aは、SiH<sub>4</sub>を10SCCM、NH<sub>3</sub>を100SCCM、N<sub>2</sub>Oを20SCCMとして反応室に導入し、基板温度325℃、反応圧力40Pa、放電電力密度0.41W/cm<sup>2</sup>、放電周波数60MHzとした。一方、酸化窒化水素化珪素膜102bは、SiH<sub>4</sub>を5SCCM、N<sub>2</sub>Oを120SCCM、H<sub>2</sub>を125SCCMとして反応室に導入し、基板温度400℃、反応圧力20Pa、放電電力密度0.41W/cm<sup>2</sup>、放電周波数60MHzとした。これらの膜は、基板温度を変化させ、反応ガスの切り替えのみで連続して形成することができる。

【0117】このようにして作製した酸化窒化珪素膜102aは、密度が9.28×10<sup>22</sup>/cm<sup>3</sup>であり、フッ化水素アンモニウム（NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub>）を7.13%とフッ化アンモニウム（NH<sub>4</sub>F）を15.4%含む混合溶液（ステラケミファ社製、商品名LAL500）の20℃におけるエッチング速度が約63nm/minと遅く、緻密で硬い膜である。このような膜を下地膜に用いると、この上に形成する半導体層にガラス基板からのアルカリ金属元素が拡散するのを防ぐのに有効である。

【0118】次に、25～100nm（好ましくは30～70nm）の厚さで非晶質構造を有する半導体層103aを、プラズマCVD法やスパッタ法などの方法で形成する。非晶質構造を有する半導体膜には、非晶質半導体層や微結晶半導体膜があり、非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。プラズマCVD法で非晶質珪素膜を形成する場合には、下地膜102と非晶質半導体層103aとは両者を連続形成することも可能である。例えば、前述のように酸化窒化珪素膜102aと酸化窒化水素化珪素膜102bをプラズマCVD法で連続して成膜後、反応ガスをSiH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>からSiH<sub>4</sub>とH<sub>2</sub>或いはSiH<sub>4</sub>のみに切り替えれば、一旦大気雰囲気に晒すことなく連続形成できる。その結果、酸化窒化水素化珪素膜102bの表面の汚染を防ぐことが可能となり、作製するTFTの特性バラツキやしきい値電圧の変動を低減させることができる。

【0119】そして、結晶化の工程を行い非晶質半導体層103aから結晶質半導体層103bを作製する。その方法として本発明が開示する結晶化の方法を適用することができる。前述のようなガラス基板や耐熱性の劣るプラスチック基板を用いる場合には、特に本発明が開示するレーザーアニール法を適用することが好ましい。レーザーアニールの工程ではまず、レーザの照射対象となる



非晶質半導体層が含有する水素を放出させておくことが好ましく、400～500℃で1時間程度の熱処理を行い含有する水素量を前記非晶質半導体層に含まれる全原子数の5%以下にしてからレーザアニールを行えば、膜表面の荒れを防ぐことができるので良い。

【0120】また、プラズマCVD法で非晶質珪素膜の形成工程において、反応ガスにSiH<sub>4</sub>とアルゴン(Ar)を用い、成膜時の基板温度を400～450℃として形成すると、非晶質珪素膜の含有水素濃度を前記非晶質珪素膜に含まれる全原子数の5%以下にすることもできる。このような場合においては水素を放出させるための熱処理は不要となる。

【0121】本発明が開示するレーザ照射装置を用いて、図10(B)に示すように結晶質半導体層103bを得ることができる。

【0122】そして、結晶質半導体層103b上に第1のフォトリソグラフィ(PM1)を用い、フォトリソグラフィの技術を用いてレジストパターンを形成し、ドライエッチングによって結晶質半導体層を島状に分割し、図10(C)に示すように島状半導体層104～108を形成する。結晶質珪素膜のドライエッチングにはCF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>の混合ガスを用いる。

【0123】このような島状半導体層に対し、TFETのしきい値電圧(V<sub>th</sub>)を制御する目的でp型を付与する不純物元素を1×10<sup>16</sup>～5×10<sup>17</sup>/cm<sup>3</sup>程度の濃度で島状半導体層の全面に添加しても良い。半導体に対してp型を付与する不純物元素には、ホウ素(B)、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)など周期律表第13族の元素が知られている。その方法として、イオン注入法やイオンドープ法(或いはイオンシャワードーピング法)を用いることができるが、大面積基板を処理するにはイオンドープ法が適している。イオンドープ法ではジボラン(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)をソースガスとして用いホウ素(B)を添加する。このような不純物元素の注入は必ずしも必要でなく省略しても差し支えないが、特にnチャネル型TFETのしきい値電圧を所定の範囲内に収めるために好適に用いる手法である。

【0124】ゲート絶縁膜109aはプラズマCVD法またはスパッタ法を用い、膜厚を40～150nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、120nmの厚さで酸化窒化珪素膜から形成する。また、SiH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>OにO<sub>2</sub>を添加させて作製された酸化窒化珪素膜は、膜中の固定電荷密度が低減されているのでこの用途に対して好ましい材料となる。また、SiH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>OとH<sub>2</sub>とから作製する酸化窒化珪素膜はゲート絶縁膜との界面欠陥密度を低減できるので好ましい。勿論、ゲート絶縁膜はこのような酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。例えば、酸化珪素膜を用いる場合は、プラズマCVD法で、TEOS(Tetraethyl Orth

osilicate)とO<sub>2</sub>とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5～0.8W/cm<sup>2</sup>で放電させて形成することができる。このようにして作製された酸化珪素膜は、その後400～500℃の熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な特性を得ることができる。

【0125】そして、図10(D)に示すように、第1の形状のゲート絶縁膜109a上にゲート電極を形成するための耐熱性導電層111を200～400nm(好ましくは250～350nm)の厚さで形成する。耐熱性導電層は単層で形成しても良いし、必要に応じて二層あるいは三層といった複数の層から成る積層構造としても良い。本明細書でいう耐熱性導電層にはTa、Ti、Wから選ばれた元素、または前記元素を成分とする合金か、前記元素を組み合わせた合金膜が含まれる。これらの耐熱性導電層はスパッタ法やCVD法で形成されるものであり、低抵抗化を図るために含有する不純物濃度を低減させることが好ましく、特に酸素濃度に関しては30ppm以下とすると良い。本実施例ではW膜を300nmの厚さで形成する。W膜はWをターゲットとしてスパッタ法で形成しても良いし、6フッ化タングステン(WF<sub>6</sub>)を用いて熱CVD法で形成することもできる。いずれにしてもゲート電極として使用するためには低抵抗化を図る必要があり、W膜の抵抗率は20μΩcm以下にすることが望ましい。W膜は結晶粒を大きくすることで低抵抗率化を図ることができるが、W中に酸素などの不純物元素が多い場合には結晶化が阻害され高抵抗化する。このことより、スパッタ法による場合、純度99.9999%のWターゲットを用い、さらに成膜時に気相中からの不純物の混入がないように十分配慮してW膜を形成することにより、抵抗率9～20μΩcmを実現することができる。

【0126】一方、耐熱性導電層111にTa膜を用いる場合には、同様にスパッタ法で形成することが可能である。Ta膜はスパッタガスにArを用いる。また、スパッタ時のガス中に適量のXeやKrを加えておくと、形成する膜の内部応力を緩和して膜の剥離を防止することができる。α相のTa膜の抵抗率は20μΩcm程度でありゲート電極に使用することができるが、β相のTa膜の抵抗率は180μΩcm程度でありゲート電極とするには不向きであった。Ta<sub>2</sub>N膜はα相に近い結晶構造を持つので、Ta膜の下地にTa<sub>2</sub>N膜を形成すればα相のTa膜が容易に得られる。また、図示しないが、耐熱性導電層111の下に2～20nm程度の厚さでリン(P)をドープした珪素膜を形成しておくことは有効である。これにより、その上に形成される導電膜の密着性向上と酸化防止を図ると同時に、耐熱性導電層111が微量に含有するアルカリ金属元素が第1の形状のゲート絶縁膜109aに拡散するのを防ぐことができる。いずれにしても、耐熱性導電層111は抵抗率を10～50μΩcm

の範囲ですることが好ましい。

【0127】次に、第2のフォトリソグラフィの技術を使用してレジストによるマスク112～117を形成する。そして、第1のエッチング処理を行う。本実施例ではICPエッチング装置を用い、エッチング用ガスにC12とCF4を用い、1Paの圧力で3.2W/cm<sup>2</sup>のRF(13.56MHz)電力を投入してプラズマを形成して行う。基板側(試料ステージ)にも224mW/cm<sup>2</sup>のRF(13.56MHz)電力を投入し、これにより実質的に負の自己バイアス電圧が印加される。この条件でW膜のエッチング速度は約100nm/minである。第1のエッチング処理はこのエッチング速度を基にW膜が丁度エッチングされる時間を推定し、それよりもエッチング時間を20%増加させた時間をエッチング時間とした。

【0128】第1のエッチング処理により第1のテーパ形状を有する導電層118～123が形成される。テーパ部の角度は15～30°が形成される。残渣を残すことなくエッチングするためには、10～20%程度の割合でエッチング時間を増加させるオーバーエッチングを施すものとする。W膜に対する酸化窒化珪素膜(第1の形状のゲート絶縁膜109a)の選択比は2～4(代表的には3)であるので、オーバーエッチング処理により、酸化窒化珪素膜が露出した面は20～50nm程度エッチングされ第1のテーパ形状を有する導電層の端部近傍にテーパ形状が形成された第2の形状のゲート絶縁膜109bが形成される。

【0129】そして、第1のドーピング処理を行い導電型の不純物元素を島状半導体層に添加する。ここでは、n型を付与する不純物元素添加の工程を行う。第1の形状の導電層を形成したマスク112～117をそのまま残し、第1のテーパ形状を有する導電層118～123をマスクとして自己整合的にn型を付与する不純物元素をイオンドーピング法で添加する。n型を付与する不純物元素をゲート電極の端部におけるテーパ部とゲート絶縁膜とを通して、その下に位置する半導体層に達するように添加するためにドーピング量を $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ とし、加速電圧を80～160kVとして行う。n型を付与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いるが、ここではリン(P)を用いた。このようなイオンドーピング法により第1の不純物領域124、126、128、130、132には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素が添加され、テーパ部の下方に形成される第2の不純物領域(A)には同領域内で必ずしも均一ではないが $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素が添加される。

【0130】この工程において、第2の不純物領域

(A)125、127、129、131、133におい

て、少なくとも第1の形状の導電層118～123と重なった部分に含まれるn型を付与する不純物元素の濃度変化は、テーパ部の膜厚変化を反映する。即ち、第2の不純物領域(A)125、127、129、131、133へ添加されるリン(P)の濃度は、第1の形状の導電層に重なる領域において、該導電層の端部から内側に向かって徐々に濃度が低くなる。これはテーパ部の膜厚の差によって、半導体層に達するリン(P)の濃度が変化するためである。

【0131】次に、図11(B)に示すように第2のエッチング処理を行う。エッチング処理も同様にICPエッチング装置により行い、エッチングガスにCF4とC12の混合ガスを用い、RF電力3.2W/cm<sup>2</sup>(13.56MHz)、バイアス電力45mW/cm<sup>2</sup>(13.56MHz)、圧力1.0Paでエッチングを行う。この条件で形成される第2の形状を有する導電層140～145が形成される。その端部にはテーパ部が形成され、該端部から内側にむかって徐々に厚さが増加するテーパ形状となる。第1のエッチング処理と比較して基板側に印加するバイアス電力を低くした分等方性エッチングの割合が多くなり、テーパ部の角度は30～60°となる。また、第2の形状のゲート絶縁膜109bの表面が40nm程度エッチングされ、新たに第3の形状のゲート絶縁膜109cが形成される。

【0132】そして、第1のドーピング処理よりもドーピング量を下げ高加速電圧の条件でn型を付与する不純物元素をドーピングする。例えば、加速電圧を70～120kVとし、 $1 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ のドーピング量で行い、第2の形状を有する導電層140～145と重なる領域の不純物濃度を $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ となるようにする。このようにして、第2の不純物領域(B)146～150を形成する。

【0133】そして、pチャネル型TFTを形成する島状半導体層104、106に一導電型とは逆の導電型の不純物領域156、157を形成する。この場合も第2の形状の導電層140、142をマスクとしてp型を付与する不純物元素を添加し、自己整合的に不純物領域を形成する。このとき、nチャネル型TFTを形成する島状半導体層105、107、108は、第3のフォトリソグラフィ(PM3)を用いてレジストのマスク151～153を形成し全面を被覆しておく。ここで形成される不純物領域156、157はジボラン(B2H6)を用いたイオンドーピング法で形成する。不純物領域156、157のp型を付与する不純物元素の濃度は、 $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ となるようにする。

【0134】この不純物領域156、157はn型を付与する不純物元素を含有する3つの領域に分けて見ることができる。第3の不純物領域156a、157aは $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ の濃度でn型を付与する不純物元素を含み、第4の不純物領域(A)156b、15

7bは $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ の濃度でn型を付与する不純物元素を含み、第4の不純物領域(B)156c、157cは $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ の濃度でn型を付与する不純物元素を含んでいる。しかし、これらの不純物領域156b、156c、157b、157cのp型を付与する不純物元素の濃度を $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上となるようにし、第3の不純物領域156a、157aにおいては、p型を付与する不純物元素の濃度を1.5から3倍となるようにすることにより、第3の不純物領域はpチャネル型TFTのソース領域およびドレイン領域として機能する。また、第4の不純物領域

(B)156c、157cは一部が第2のテーパー形状を有する導電層140または142と一部が重なって形成される。

【0135】その後、図12(A)に示すように、ゲート電極およびゲート絶縁膜上から第1の層間絶縁膜158を形成する。第1の層間絶縁膜は酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜、窒化珪素膜、またはこれらを組み合わせた積層膜で形成すれば良い。いずれにしても第1の層間絶縁膜158は無機絶縁物材料から形成する。第1の層間絶縁膜158の膜厚は100~200nmとする。ここで、酸化珪素膜を用いる場合には、プラズマCVD法でTEOSとO<sub>2</sub>とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300~400℃とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5~0.8W/cm<sup>2</sup>で放電させて形成することができる。また、酸化窒化珪素膜を用いる場合には、プラズマCVD法でSiH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、NH<sub>3</sub>から作製される酸化窒化珪素膜、またはSiH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oから作製される酸化窒化珪素膜で形成すれば良い。この場合の作製条件は反応圧力20~200Pa、基板温度300~400℃とし、高周波(60MHz)電力密度0.1~1.0W/cm<sup>2</sup>で形成することができる。また、SiH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>から作製される酸化窒化水素化珪素膜を適用しても良い。窒化珪素膜も同様にプラズマCVD法でSiH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>から作製することが可能である。

【0136】そして、それぞれの濃度で添加されたn型またはp型を付与する不純物元素を活性化する工程を行う。この工程はファーネスアニール炉を用いる熱アニール法で行う。その他に、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法(RTA法)を適用することができる。レーザーアニール法として、本明細書が開示する方法を用いてもよい。熱アニール法では酸素濃度が1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下の窒素雰囲気中で400~700℃、代表的には500~600℃で行うものであり、本実施例では550℃で4時間の熱処理を行った。また、基板101に耐熱温度が低いプラスチック基板を用いる場合にはレーザーアニール法を適用することが好ましい。

【0137】活性化の工程に続いて、雰囲気ガスを変化させ、3~100%の水素を含む雰囲気中で、300~

450℃で1~12時間の熱処理を行い、島状半導体層を水素化する工程を行う。この工程は熱的に励起された水素により島状半導体層にある $10^{16} \sim 10^{18} / \text{cm}^3$ のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化(プラズマにより励起された水素を用いる)を行っても良い。いずれにしても、島状半導体層104~108中の欠陥密度を $10^{16} / \text{cm}^3$ 以下とすることが望ましく、そのために島状半導体層が含む全原子数の0.01~0.1%程度の水素を付与すれば良い。

【0138】その後、有機樹脂からなる第2の層間絶縁膜159を1.0~1.5μmの厚さに形成する。有機樹脂としては、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、BCB(ベンゾシクロブテン)等を使用することができる。ここでは、基板に塗布後、熱重合するタイプのポリイミドを用い、300℃で焼成して形成した。

【0139】このように、第2の層間絶縁膜を有機絶縁物材料で形成することにより、表面を良好に平坦化させることができる。また、有機樹脂材料は一般に誘電率が低いので、寄生容量を低減するできる。しかし、吸湿性があり保護膜としては適さないので、本実施例のように、第1の層間絶縁膜158として形成した酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜、窒化珪素膜などと組み合わせて用いると良い。

【0140】その後、第4のフォトリソマスク(PM4)を用い、所定のパターンのレジストマスクを形成し、それぞれの島状半導体層に形成されソース領域またはドレイン領域とする不純物領域に達するコンタクトホールを形成する。コンタクトホールはドライエッチング法で形成する。この場合、エッチングガスにCF<sub>4</sub>、O<sub>2</sub>、Heの混合ガスを用い有機樹脂材料から成る第2の層間絶縁膜159をまずエッチングし、その後、続いてエッチングガスをCF<sub>4</sub>、O<sub>2</sub>として第1の層間絶縁膜158をエッチングする。さらに、島状半導体層との選択比を高めるために、エッチングガスをCHF<sub>3</sub>に切り替えて第3の形状のゲート絶縁膜109cをエッチングすることによりコンタクトホールを形成することができる。

【0141】そして、導電性の金属膜をスパッタ法や真空蒸着法で形成し、第5のフォトリソマスク(PM5)によりレジストマスクパターンを形成し、エッチングによってソース線160~164とドレイン線165~168を形成する。画素電極169はドレイン線と一緒に形成される。画素電極171は隣の画素に帰属する画素電極を表している。図示していないが、本実施例ではこの配線を、Ti膜を50~150nmの厚さで形成し、島状半導体層のソースまたはドレイン領域を形成する不純物領域とコンタクトを形成し、そのTi膜上に重ねてアルミニウム(A1)を300~400nmの厚さで形成(図12(B)において160a~169aで示す)し、さら

にその上に透明導電膜を80～120nmの厚さで形成(図12(B)において160b～169bで示す)した。透明導電膜には酸化インジウム酸化亜鉛合金(In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO)、酸化亜鉛(ZnO)も適した材料であり、さらに可視光の透過率や導電率を高めるためにガリウム(Ga)を添加した酸化亜鉛(ZnO:Ga)などを好適に用いることができる。

【0142】こうして5枚のフォトリソにより、同一の基板上に、駆動回路のTFTと画素部の画素TFTとを有した基板を完成させることができる。駆動回路には第1のpチャンネル型TFT200、第1のnチャンネル型TFT201、第2のpチャンネル型TFT202、第2のnチャンネル型TFT203、画素部には画素TFT204、保持容量205が形成されている。本明細書では便宜上このような基板をアクティブマトリクス基板と呼ぶ。

【0143】駆動回路の第1のpチャンネル型TFT200には、第2のテーパ形状を有する導電層がゲート電極220としての機能を有し、島状半導体層104にチャンネル形成領域206、ソース領域またはドレイン領域として機能する第3の不純物領域207a、ゲート電極220と重ならないLDD領域を形成する第4の不純物領域(A)207b、一部がゲート電極220と重なるLDD領域を形成する第4の不純物領域(B)207cを有する構造となっている。

【0144】第1のnチャンネル型TFT201には、第2のテーパ形状を有する導電層がゲート電極221としての機能を有し、島状半導体層105にチャンネル形成領域208、ソース領域またはドレイン領域として機能する第1の不純物領域209a、ゲート電極221と重ならないLDD領域を形成する第2の不純物領域(A)209b、一部がゲート電極221と重なるLDD領域を形成する第2の不純物領域(B)209cを有する構造となっている。チャンネル長2～7μmに対して、第2の不純物領域(B)209cがゲート電極221と重なる部分の長さは0.1～0.3μmとする。前記長さはゲート電極221の厚さとテーパ部の角度から制御する。nチャンネル型TFTにおいてこのようなLDD領域を形成することにより、ドレイン領域近傍に発生する高電界を緩和して、ホットキャリアの発生を防ぎ、TFTの劣化を防止することができる。

【0145】駆動回路の第2のpチャンネル型TFT202は同様に、第2のテーパ形状を有する導電層がゲート電極222としての機能を有し、島状半導体層106にチャンネル形成領域210、ソース領域またはドレイン領域として機能する第3の不純物領域211a、ゲート電極222と重ならないLDD領域を形成する第4の不純物領域(A)211b、一部がゲート電極222と重なるLDD領域を形成する第4の不純物領域(B)211cを有する構造となっている。

【0146】駆動回路の第2のnチャンネル型TFT203には、第2のテーパ形状を有する導電層がゲート電極223としての機能を有し、島状半導体層107にチャンネル形成領域212、ソース領域またはドレイン領域として機能する第1の不純物領域213a、ゲート電極223と重ならないLDD領域を形成する第2の不純物領域(A)213b、一部がゲート電極223と重なるLDD領域を形成する第2の不純物領域(B)213cを有する構造となっている。第2のnチャンネル型TFT201と同様に第2の不純物領域(B)213cがゲート電極223と重なる部分の長さは0.1～0.3μmとする。

【0147】駆動回路はシフトレジスタ回路、バッファ回路などのロジック回路やアナログスイッチで形成されるサンプリング回路などで形成される。図12(B)ではこれらを形成するTFTを一对のソース・ドレイン間に一つのゲート電極を設けたシングルゲートの構造で示したが、複数のゲート電極を一对のソース・ドレイン間に設けたマルチゲート構造としても差し支えない。

【0148】画素TFT204には、第2のテーパ形状を有する導電層がゲート電極224としての機能を有し、島状半導体層108にチャンネル形成領域214a、214b、ソース領域またはドレイン領域として機能する第1の不純物領域215a、217、ゲート電極224と重ならないLDD領域を形成する第2の不純物領域(A)215b、一部がゲート電極224と重なるLDD領域を形成する第2の不純物領域(B)215cを有する構造となっている。第2の不純物領域(B)215bがゲート電極224と重なる部分の長さは0.1～0.3μmとする。また、第1の不純物領域217から延在し、第2の不純物領域(A)219b、第2の不純物領域(B)219a、導電型を決定する不純物元素が添加されていない領域218を有する半導体層と、第3の形状を有するゲート絶縁膜と同層で形成される絶縁層と、第2のテーパ形状を有する導電層から形成される容量配線225から保持容量が形成されている。

【0149】図18は画素部のほぼ一画素分を示す上面図である。図中に示すA-A'断面が図12(B)に示す画素部の断面図に対応している。画素TFT204は、ゲート電極224は図示されていないゲート絶縁膜を介してその下の島状半導体層108と交差し、さらに複数の島状半導体層に跨って延在してゲート配線を兼ねている。図示はしていないが、島状半導体層には、図12(B)で説明したソース領域、ドレイン領域、LDD領域が形成されている。また、230はソース配線164とソース領域215aとのコンタクト部、231は画素電極169とドレイン領域217とのコンタクト部である。保持容量205は、画素TFT204のドレイン領域217から延在する半導体層とゲート絶縁膜を介して容量配線225が重なる領域で形成されている。この

構成において半導体層 218 には、価電子制御を目的とした不純物元素は添加されていない。

【0150】以上の様な構成は、画素 TFT および駆動回路が要求する仕様に依じて各回路を構成する TFT の構造を最適化し、半導体装置の動作性能と信頼性を向上させることを可能としている。さらに、耐熱性を有する導電性材料でゲート電極を形成することにより LDD 領域やソース領域およびドレイン領域の活性化を容易としている。さらに、ゲート電極にゲート絶縁膜を介して重なる LDD 領域を形成する際に、導電性を制御する目的で添加した不純物元素に濃度勾配を持たせて LDD 領域を形成することで、特にドレイン領域近傍における電界緩和効果が高まることが期待できる。

【0151】アクティブマトリクス型の液晶表示装置の場合、第 1 の p チャンネル型 TFT 200 と第 1 の n チャンネル型 TFT 201 は高速動作を重視するシフトレジスタ回路、バッファ回路、レベルシフト回路などを形成するのに用いる。図 12 (B) ではこれらの回路をロジック回路部として表している。第 1 の n チャンネル型 TFT 201 の第 2 の不純物領域 (B) 209c はホットキャリア対策を重視した構造となっている。さらに、耐圧を高め、動作を安定化させるために、図 16 (A) で示すようにこのロジック回路部の TFT を第 1 の p チャンネル型 TFT 280 と第 1 の n チャンネル型 TFT 281 で形成しても良い。この TFT は、一対のソース・ドレイン間に 2 つのゲート電極を設けたダブルゲート構造であり、この様な TFT は本実施例の工程を用いて同様に作製できる。第 1 の p チャンネル型 TFT 280 には、島状半導体層にチャンネル形成領域 236a、236b、ソースまたはドレイン領域として機能する第 3 の不純物領域 238a、239a、240a、LDD 領域となる第 4 の不純物領域 (A) 238b、239b、240b 及びゲート電極 237 と一部が重なり LDD 領域となる第 4 の不純物領域 (B) 238c、239c、240c を有した構造となっている。第 1 の n チャンネル型 TFT 281 には、島状半導体層にチャンネル形成領域 241a、241b、ソースまたはドレイン領域として機能する第 1 の不純物領域 243a、244a、245a と LDD 領域となる第 2 の不純物領域 (A) 243b、244b、245b 及びゲート電極 242 と一部が重なり LDD 領域となる第 2 の不純物領域 (B) 243c、244c、245c を有している。チャンネル長は 3~7  $\mu\text{m}$  として、ゲート電極と重なる LDD 領域のチャンネル長方向の長さは 0.1~0.3  $\mu\text{m}$  とする。

【0152】また、アナログスイッチで構成するサンプリング回路には、同様な構成とした第 2 の p チャンネル型 TFT 202 と第 2 の n チャンネル型 TFT 203 を適用することができる。サンプリング回路はホットキャリア対策と低オフ電流動作が重視されるので、図 16 (B) で示すようにこの回路の TFT を第 2 の p チャンネル型 T

F T 282 と第 2 の n チャンネル型 T F T 283 で形成しても良い。この第 2 の p チャンネル型 T F T 282 は、一対のソース・ドレイン間に 3 つのゲート電極を設けたトリプルゲート構造であり、この様な T F T は本実施例の工程を用いて同様に作製できる。第 2 の p チャンネル型 T F T 282 には、島状半導体層にチャンネル形成領域 246a、246b、246c ソースまたはドレイン領域として機能する第 3 の不純物領域 249a、250a、251a、252a、LDD 領域となる第 4 の不純物領域 (A) 249b、250b、251b、252b 及びゲート電極 247 と一部が重なり LDD 領域となる第 4 の不純物領域 (B) 249c、250c、251c、252c を有した構造となっている。第 2 の n チャンネル型 T F T 283 には、島状半導体層にチャンネル形成領域 253a、253b、ソースまたはドレイン領域として機能する第 1 の不純物領域 255a、256a、257a と LDD 領域となる第 2 の不純物領域 (A) 255b、256b、257b 及びゲート電極 254 と一部が重なり LDD 領域となる第 2 の不純物領域 (B) 255c、256c、257c を有している。チャンネル長は 3~7  $\mu\text{m}$  として、ゲート電極と重なる LDD 領域のチャンネル長方向の長さは 0.1~0.3  $\mu\text{m}$  とする。

【0153】TFT のゲート電極の構成をシングルゲート構造とするか、複数のゲート電極を一対のソース・ドレイン間に設けたマルチゲート構造とするかは、回路の特性に応じて実施者が適宜選択すれば良い。そして、本実施例で完成したアクティブマトリクス基板を用いることで反射型の液晶表示装置を作製することができる。

【0154】[実施例 7] 実施例 6 ではゲート電極の材料に W や Ta などの耐熱性導電材料を用いる例を示した。このような材料を用いる理由は、ゲート電極形成後に導電型の制御を目的として半導体層に添加した不純物元素を 400~700℃ の熱アニールによって活性化させる必要があり、その工程を実施する上でゲート電極に耐熱性を持たせる必要があるからである。しかしながら、このような耐熱性導電材料は面積抵抗で 10  $\Omega$  程度あり、画面サイズが 4 インチクラスかそれ以上の表示装置には必ずしも適していない。ゲート電極に接続するゲート線を同じ材料で形成すると、基板上における引回し長さが必然的に大きくなり、配線抵抗の影響による配線遅延の問題を無視することができなくなる。

【0155】例えば、画素密度が VGA の場合、480 本のゲート配線と 640 本のソース線が形成され、XGA の場合には 768 本のゲート配線と 1024 本のソース配線が形成される。表示領域の画面サイズは、13 インチクラスの場合対角線の長さは 340mm となり、18 インチクラスの場合には 460mm となる。本実施例ではこのような液晶表示装置を実現する手段として、ゲート配線を Al や銅 (Cu) などの低抵抗導電性材料で形成する方法について図 13 を用いて説明する。

【0156】まず、実施例6と同様にして図10(A)～図11(C)に示す工程を行う。そして導電型の制御を目的として、それぞれの島状半導体層に添加された不純物元素を活性化する工程を行う。この工程はファーンエスアニール炉を用いる熱アニール法で行う。その他に、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法(RTA法)を適用することができる。熱アニール法では酸素濃度が1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下の酸素雰囲気中で400～700℃、代表的には500～600℃で行うものであり、本実施例では500℃で4時間の熱処理を行う。

【0157】この熱処理において、第2のテーパ形状を有する導電層140～145は表面から5～80nmの厚さで導電層(C)172a～172fが形成される。例えば、第2のテーパ形状を有する導電層がWの場合には、窒化タングステンが形成され、Taの場合には窒化タンタルが形成される。さらに、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～450℃で1～12時間の熱処理を行い、島状半導体層を水素化する工程を行う。この工程は熱的に励起された水素により半導体層のダン

グリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化(プラズマにより励起された水素を用いる)を行っても良い(図13(A))。

【0158】活性化および水素化処理の後、ゲート線を低抵抗導電材料で形成する。低抵抗導電材料はAlやCuを主成分とするものであり、このような材料から形成される低抵抗導電層からゲート線を形成する。例えば、Tiを0.1～2重量%含むAl膜を低抵抗導電層として全面に形成する(図示せず)。低抵抗導電層は200～400nm(好ましくは250～350nm)の厚さで形成する。そして、所定のレジストパターンを形成し、エッチング処理して、ゲート線173、174を形成する。このとき同じ材料で画素部に設ける保持容量と接続する容量線175も形成する。低抵抗導電層がAlを主成分とする材料である場合には、エッチング処理はリン酸系のエッチング溶液によるウエットエッチングで下地との選択加工性を保ってゲート線を形成することができる。第1の層間絶縁膜176は実施例6と同様にして形成する(図13(B))。

【0159】その後、実施例6と同様にして有機絶縁物材料から成る第2の層間絶縁膜159、ソース線160～164、ドレイン線165～168、画素電極169、171を形成してアクティブマトリクス基板を完成させることができる。図14(A)、(B)はこの状態の上面図を示し、図14(A)のB-B'断面および図14(B)のC-C'断面は図13(C)のB-B'およびC-C'に対応している。図14(A)、(B)ではゲート絶縁膜、第1の層間絶縁膜、第2の層間絶縁膜を省略して示しているが、島状半導体層104、105、108の図示されていないソースおよびドレイン領域に

ソース線160、161、164とドレイン線165、166、及び画素電極169がコンタクトホールを介して接続している。また、図14(A)のD-D'断面および図14(B)のE-E'断面を図15(A)と

(B)にそれぞれ示す。ゲート線173はゲート電極220と、またゲート線174はゲート電極225と島状半導体層104、108の外側で重なるように形成され、ゲート電極と低抵抗導電層とがコンタクトホールを介さずに接触して電氣的に導通している。このようにゲート線を低抵抗導電材料で形成することにより、配線抵抗を十分低減できる。従って、画素部(画面サイズ)が4インチクラス以上の表示装置に適用することができる。

【0160】[実施例8]実施例6で作製したアクティブマトリクス基板はそのまま反射型の表示装置に適用することができる。一方、透過型の液晶表示装置とする場合には画素部の各画素に設ける画素電極を透明電極で形成すれば良い。本実施例では透過型の液晶表示装置に対応するアクティブマトリクス基板の作製方法について図17を用いて説明する。

【0161】アクティブマトリクス基板は実施例6と同様に作製する。図17(A)では、ソース配線とドレイン配線は導電性の金属膜をスパッタ法や真空蒸着法で形成する。ドレイン線256を例としてこの構成を図17(B)で詳細に説明すると、Ti膜256aを50～150nmの厚さで形成し、島状半導体層のソースまたはドレイン領域を形成する半導体膜とコンタクトを形成する。そのTi膜256a上に重ねてAl膜256bを300～400nmの厚さで形成し、さらにTi膜256cまたは窒化チタン(TiN)膜を100～200nmの厚さで形成して3層構造とする。その後、透明導電膜を全面に形成し、フォトマスクを用いたパターニング処理およびエッチング処理により画素電極257を形成する。画素電極257は、有機樹脂材料から成る第2の層間絶縁膜上に形成され、コンタクトホールを介さずに画素TF204のドレイン線256と重なる部分を設け電氣的な接続を形成している。

【0162】図17(C)では最初に第2の層間絶縁膜上に透明導電膜を形成し、パターニング処理およびエッチング処理をして画素電極258を形成した後、ドレイン線259を画素電極258とコンタクトホールを介さずに接続部を形成した例である。ドレイン線259は、図17(D)で示すようにTi膜259aを50～150nmの厚さで形成し、島状半導体層のソースまたはドレイン領域を形成する半導体膜とコンタクトを形成し、そのTi膜259a上に重ねてAl膜259bを300～400nmの厚さで形成して設ける。この構成にすると、画素電極258はドレイン配線259を形成するTi膜259aのみと接触することになる。その結果、透明導電膜材料とAlとが直接接し反応するのを確実に防止で

きる。

【0163】透明導電膜の材料は、酸化インジウム ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ) や酸化インジウム酸化スズ合金 ( $\text{In}_2\text{O}_3\text{—SnO}_2$ ; ITO) などをスパッタ法や真空蒸着法などを用いて形成して用いることができる。このような材料のエッチング処理は塩酸系の溶液により行う。しかし、特にITOのエッチングは残渣が発生しやすいので、エッチング加工性を改善するために酸化インジウム酸化亜鉛合金 ( $\text{In}_2\text{O}_3\text{—ZnO}$ ) を用いても良い。酸化インジウム酸化亜鉛合金は表面平滑性に優れ、ITOに対して

【0164】実施例6では反射型の液晶表示装置を作製できるアクティブマトリクス基板を5枚のフォトマスクにより作製したが、さらに1枚のフォトマスクの追加 (合計6枚) で、透過型の液晶表示装置に対応したアクティブマトリクス基板を完成させることができる。本実施例では、実施例6と同様な工程として説明したが、このような構成は実施例7で示すアクティブマトリクス基板に適用することができる。

【0165】[実施例9]本実施例では実施例6で作製したアクティブマトリクス基板から、アクティブマトリクス型液晶表示装置を作製する工程を説明する。まず、図19(A)に示すように、図12(B)の状態のアクティブマトリクス基板に柱状スペーサから成るスペーサを形成する。スペーサは数 $\mu\text{m}$ の粒子を散布して設ける方法でも良いが、ここでは基板全面に樹脂膜を形成した後これをパターニングして形成する方法を採用した。このようなスペーサの材料に限定はないが、例えば、JSR社製のNN700を用い、スピナーで塗布した後、露光と現像処理によって所定のパターンに形成する。さらにクリーンオープンなどで150~200℃で加熱して硬化させる。このようにして作製されるスペーサは露光と現像処理の条件によって形状を異ならせることができるが、好ましくは、スペーサの形状は柱状で頂部が平坦な形状となるようにすると、対向側の基板を合わせたときに液晶表示パネルとしての機械的な強度を確保することができる。形状は円錐状、角錐状など特別の限定はないが、例えば円錐状としたときに具体的には、高さを1.2~5 $\mu\text{m}$ とし、平均半径を5~7 $\mu\text{m}$ 、平均半径と底部の半径との比を1対1.5とする。このとき側面のテーパ角は $\pm 15^\circ$ 以下とする。

【0166】スペーサの配置は任意に決定すれば良いが、好ましくは、図19(A)で示すように、画素部においては画素電極169のコンタクト部231と重ねて

その部分を覆うように柱状スペーサ406を形成すると良い。コンタクト部231は平坦性が損なわれこの部分では液晶がうまく配向しなくなるので、このようにしてコンタクト部231にスペーサ用の樹脂を充填する形で柱状スペーサ406を形成することでディスクリネーションなどを防止することができる。また、駆動回路のTFT上にもスペーサ405a~405eを形成しておく。このスペーサは駆動回路部の全面に渡って形成しても良いし、図19で示すようにソース線およびドレイン線を覆うようにして設けても良い。

【0167】その後、配向膜407を形成する。通常液晶表示素子の配向膜にはポリイミド樹脂を用いる。配向膜を形成した後、ラビング処理を施して液晶分子がある一定のプレチルト角を持って配向するようにした。画素部に設けた柱状スペーサ406の端部からラビング方向に対してラビングされない領域が2 $\mu\text{m}$ 以下となるようにした。また、ラビング処理では静電気の発生がしばしば問題となるが、駆動回路のTFT上に形成したスペーサ405a~405eにより静電気からTFTを保護する効果を得ることができる。また図では説明しないが、配向膜407を先に形成してから、スペーサ406、405a~405eを形成した構成としても良い。

【0168】対向側の対向基板401には、遮光膜402、透明導電膜403および配向膜404を形成する。遮光膜402はTi膜、Cr膜、Al膜などを150~300nmの厚さで形成する。そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とをシール剤408で貼り合わせる。シール剤408にはフィラー (図示せず) が混入されていて、このフィラーとスペーサ406、405a~405eによって均一な間隔を持って2枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に液晶材料409を注入する。液晶材料には公知の液晶材料を用いれば良い。例えば、TN液晶の他に、電場に対して透過率が連続的に変化する電気光学応答性を示す、無しきい値反強誘電性混合液晶を用いることもできる。この無しきい値反強誘電性混合液晶には、V字型の電気光学応答特性を示すものもある。このようにして図19(B)に示すアクティブマトリクス型液晶表示装置が完成する。

【0169】図20はこのようなアクティブマトリクス基板の上面図を示し、画素部および駆動回路部とスペーサおよびシール剤の位置関係を示す上面図である。実施例6で述べたガラス基板101上に画素部604の周辺に駆動回路として走査信号駆動回路605と画像信号駆動回路606が設けられている。さらに、その他CPUやメモリなどの信号処理回路607も付加されていても良い。そして、これらの駆動回路は接続配線603によって外部入出力端子602と接続されている。画素部604では走査信号駆動回路605から延在するゲート配線群608と画像信号駆動回路606から延在するソー



ス配線群 609 がマトリクス状に交差して画素を形成し、各画素にはそれぞれ画素 TFT 204 と保持容量 205 が設けられている。

【0170】図 19 において画素部において設けた柱状スペーサ 406 は、すべての画素に対して設けても良いが、図 20 で示すようにマトリクス状に配列した画素の数個から数十個おきに設けても良い。即ち、画素部を構成する画素の全数に対するスペーサの数の割合は 20 ~ 100 % とすることが可能である。また、駆動回路部に設けるスペーサ 405 a ~ 405 e はその全面を覆うように設けても良いし各 TFT のソースおよびドレイン配線の位置にあわせて設けても良い。図 20 では駆動回路部に設けるスペーサの配置を 610 ~ 612 で示す。そして、図 20 示すシール剤 619 は、基板 101 上の画素部 604 および走査信号駆動回路 605、画像信号駆動回路 606、その他の信号処理回路 607 の外側であって、外部入出力端子 602 よりも内側に形成する。

【0171】このようなアクティブマトリクス型液晶表示装置の構成を図 21 の斜視図を用いて説明する。図 21 においてアクティブマトリクス基板は、ガラス基板 101 上に形成された、画素部 604 と、走査信号駆動回路 605 と、画像信号駆動回路 606 とその他の信号処理回路 607 とで構成される。画素部 604 には画素 TFT 204 と保持容量 205 が設けられ、画素部の周辺に設けられる駆動回路は CMOS 回路を基本として構成されている。走査信号駆動回路 605 と画像信号駆動回路 606 からは、それぞれゲート線（ゲート電極と連続して形成されている場合は図 12 (B) の 224 に相当する）とソース線 164 が画素部 604 に延在し、画素 TFT 204 に接続している。また、フレキシブルプリント配線板（Flexible Printed Circuit: FPC）613 が外部入力端子 602 に接続していて画像信号などを入力するのに用いる。FPC 613 は補強樹脂 614 によって強固に接着されている。そして接続配線 603 でそれぞれの駆動回路に接続している。また、対向基板 401 には図示していない、遮光膜や透明電極が設けられている。

【0172】このような構成の液晶表示装置は、実施例 6 ~ 8 で示したアクティブマトリクス基板を用いて形成することができる。実施例 6 で示すアクティブマトリクス基板を用いれば反射型の液晶表示装置が得られ、実施例 8 で示すアクティブマトリクス基板を用いると透過型の液晶表示装置を得ることができる。

【0173】[実施例 10] 図 22 は実施例 6 ~ 8 で示したアクティブマトリクス基板の回路構成の一例であり、直視型の表示装置の回路構成を示す図である。このアクティブマトリクス基板は、画像信号駆動回路 606、走査信号駆動回路 (A) (B) 605、画素部 604 を有している。尚、本明細書中において記した駆動回路とは、画像信号駆動回路 606、走査信号駆動回路 605

を含めた総称である。

【0174】画像信号駆動回路 606 は、シフトレジスタ回路 501 a、レベルシフト回路 502 a、バッファ回路 503 a、サンプリング回路 504 を備えている。また、走査信号駆動回路 (A) (B) 605 は、シフトレジスタ回路 501 b、レベルシフト回路 502 b、バッファ回路 503 b を備えている。

【0175】シフトレジスタ回路 501 a、501 b は駆動電圧が 5 ~ 16 V（代表的には 10 V）であり、この回路を形成する CMOS 回路は TFT は、図 12

(B) の第 1 の p チャネル型 TFT 200 と第 1 の n チャネル型 TFT 201 で形成する。或いは、図 16

(A) で示す第 1 の p チャネル型 TFT 280 と第 1 の n チャネル型 TFT 281 で形成しても良い。また、レベルシフト回路 502 a、502 b やバッファ回路 503 a、503 b は駆動電圧が 14 ~ 16 V と高くなるので図 16 (A) で示すようなマルチゲートの TFT 構造とすることが望ましい。マルチゲート構造で TFT を形成すると耐圧が高まり、回路の信頼性を向上させる上で有効である。

【0176】サンプリング回路 504 はアナログスイッチから成り、駆動電圧が 14 ~ 16 V であるが、極性が交互に反転して駆動される上、オフ電流値を低減させる必要があるため、図 12 (B) で示す第 2 の p チャネル型 TFT 202 と第 2 の n チャネル型 TFT 203 で形成することが望ましい。或いは、オフ電流値を効果的に低減させるために図 16 (B) で示す第 2 の p チャネル型 TFT 282 と第 2 の n チャネル型 TFT 283 で形成しても良い。

【0177】また、画素部は駆動電圧が 14 ~ 16 V であり、低消費電力化の観点からサンプリング回路よりもさらにオフ電流値を低減することが要求され、図 12

(B) で示す画素 TFT 204 のようにマルチゲート構造を基本とする。

【0178】尚、本実施例の構成は、実施例 6 ~ 8 に示した工程に従って TFT を作製することによって容易に実現することができる。本実施例では、画素部と駆動回路の構成のみを示しているが、実施例 6 ~ 8 の工程に従えば、その他にも信号分割回路、分周波回路、D/A コンバータ、 $\gamma$  補正回路、オペアンプ回路、さらにメモリ回路や演算処理回路などの信号処理回路、あるいは論理回路を同一基板上に形成することが可能である。このように、本発明は同一基板上に画素部とその駆動回路とを含む半導体装置、例えば信号制御回路および画素部を具備した液晶表示装置を実現することができる。

【0179】[実施例 11] 本実施例では、上述の実施例で作製の例を示したアクティブマトリクス基板を用いてエレクトロルミネッセンス (EL: Electro Luminescence) 材料を用いた自発光型の表示パネル（以下、EL 表示装置と記す）を作製する例について説明する。図 23



(A) は本発明を用いた EL 表示パネルの上面図である。図 24 (A) において、10 は基板、11 は画素部、12 はソース側駆動回路、13 はゲート側駆動回路であり、それぞれの駆動回路は配線 14~16 を経て FPC17 に至り、外部機器へと接続される。

【0180】図 23 (B) は図 23 (A) の A-A' 断面を表す図であり、このとき少なくとも画素部上、好ましくは駆動回路及び画素部上に対向板 80 を設ける。対向板 80 はシール材 19 で TFT と EL 層が形成されているアクティブマトリクス基板と貼り合わされている。シール剤 19 にはフィラー (図示せず) が混入されていて、このフィラーによりほぼ均一な間隔を持って 2 枚の基板が貼り合わせられている。さらに、シール材 19 の外側と FPC17 の上面及び周辺は封止剤 81 で密封する構造とする。封止剤 81 は珪素樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ブチルゴムなどの材料を用いる。

【0181】このように、シール剤 19 によりアクティブマトリクス基板 10 と対向基板 80 とが貼り合わされると、その間には空間が形成される。その空間には充填剤 83 が充填される。この充填剤 83 は対向板 80 を接着する効果も合わせ持つ。充填剤 83 は PVC (ポリビニルクロライド)、エポキシ樹脂、珪素樹脂、PVB (ポリビニルブチラル) または EVA (エチレンビニルアセテート) などを用いることができる。また、EL 層は水分をはじめ湿気に弱く劣化しやすいので、この充填剤 83 の内部に酸化バリウムなどの乾燥剤を混入させておくことと吸湿効果を保持できるので望ましい。また、EL 層上に窒化珪素膜や酸化窒化珪素膜などで形成するパッシベーション膜 82 を形成し、充填剤 83 に含まれるアルカリ元素などによる腐蝕を防ぐ構造としていある。

【0182】対向板 80 にはガラス板、アルミニウム板、ステンレス板、FRP (Fiberglass-Reinforced Plastics) 板、PVF (ポリビニルフルオライド) フィルム、マイラーフィルム (デュボン社の商品名)、ポリエステルフィルム、アクリルフィルムまたはアクリル板などを用いることができる。また、数十  $\mu\text{m}$  のアルミニウム箔を PVF フィルムやマイラーフィルムで挟んだ構造のシートを用い、耐湿性を高めることもできる。このようにして、EL 素子は密閉された状態となり外気から遮断されている。

【0183】また、図 23 (B) において基板 10、下地膜 21 の上に駆動回路用 TFT (但し、ここでは n チャンネル型 TFT と p チャンネル型 TFT を組み合わせた CMOS 回路を図示している。) 22 及び画素部用 TFT 23 (但し、ここでは EL 素子への電流を制御する TFT だけ図示している。) が形成されている。これらの TFT の内特に n チャンネル型 TFT にはホットキャリア効果によるオン電流の低下や、Vth シフトやバイアスストレスによる特性低下を防ぐため、本実施形態で示す構成の LDD 領域が設けられている。

【0184】例えば、駆動回路用 TFT 22 とし、図 12 (b) に示す p チャンネル型 TFT 200、202 と n チャンネル型 TFT 201、203 を用いれば良い。また、画素部用 TFT 23 には図 12 (B) に示す画素 TFT 204 またはそれと同様な構造を有する p チャンネル型 TFT を用いれば良い。

【0185】図 12 (B) または図 13 (B) の状態のアクティブマトリクス基板から EL 表示装置を作製するには、ソース線、ドレイン線上に樹脂材料でなる層間絶縁膜 (平坦化膜) 26 を形成し、その上に画素部用 TFT 23 のドレインと電氣的に接続する透明導電膜でなる画素電極 27 を形成する。透明導電膜としては、酸化インジウムと酸化スズとの化合物 (ITO と呼ばれる) または酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物を用いることができる。そして、画素電極 27 を形成したら、絶縁膜 28 を形成し、画素電極 27 上に開口部を形成する。

【0186】次に、EL 層 29 を形成する。EL 層 29 は公知の EL 材料 (正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層または電子注入層) を自由に組み合わせて積層構造または単層構造とすれば良い。

【0187】また、EL 層として一重項励起により発光 (蛍光) する発光材料 (シングレット化合物) からなる薄膜、または三重項励起により発光 (リン光) する発光材料 (トリプレット化合物) からなる薄膜を用いることができる。また、電荷輸送層や電荷注入層として炭化珪素等の無機材料を用いることも可能である。どのような構造とするかは公知の技術を用いれば良い。また、EL 材料には低分子系材料と高分子系 (ポリマー系) 材料がある。低分子系材料を用いる場合は蒸着法を用いるが、高分子系材料を用いる場合には、スピンコート法、印刷法またはインクジェット法等の簡易な方法を用いることが可能である。

【0188】EL 層はシャドーマスクを用いて蒸着法、またはインクジェット法、ディスペンサー法などで形成する。いずれにしても、画素毎に波長の異なる発光が可能な発光層 (赤色発光層、緑色発光層及び青色発光層) を形成することで、カラー表示が可能となる。その他にも、色変換層 (CCM) とカラーフィルターを組み合わせた方式、白色発光層とカラーフィルターを組み合わせた方式があるがいずれの方法を用いても良い。勿論、単色発光の EL 表示装置とすることもできる。

【0189】EL 層 29 を形成したら、その上に陰極 30 を形成する。陰極 30 と EL 層 29 の界面に存在する水分や酸素は極力排除しておくことが望ましい。従って、真空中で EL 層 29 と陰極 30 を連続して形成するか、EL 層 29 を不活性雰囲気中で形成し、大気解放しないで真空中で陰極 30 を形成するといった工夫が必要である。本実施例ではマルチチャンバー方式 (クラスターツール方式) の成膜装置を用いることで上述のような成膜を可能とする。

【0190】なお、本実施例では陰極 30 として、LiF (フッ化リチウム) 膜と Al (アルミニウム) 膜の積層構造を用いる。具体的には EL 層 29 上に蒸着法で 1 nm 厚の LiF (フッ化リチウム) 膜を形成し、その上に 300 nm 厚のアルミニウム膜を形成する。勿論、公知の陰極材料である MgAg 電極を用いても良い。そして陰極 30 は 31 で示される領域において配線 16 に接続される。配線 16 は陰極 30 に所定の電圧を与えるための電源供給線であり、異方性導電性ペースト材料 32 を介して FPC 17 に接続される。FPC 17 上にはさらに樹脂層 80 が形成され、この部分の接着強度を高めている。

【0191】31 に示された領域において陰極 30 と配線 16 とを電氣的に接続するために、層間絶縁膜 26 及び絶縁膜 28 にコンタクトホールを形成する必要がある。これらは層間絶縁膜 26 のエッチング時 (画素電極用コンタクトホールの形成時) や絶縁膜 28 のエッチング時 (EL 層形成前の開口部の形成時) に形成しておけば良い。また、絶縁膜 28 をエッチングする際に、層間絶縁膜 26 まで一括でエッチングしても良い。この場合、層間絶縁膜 26 と絶縁膜 28 が同じ樹脂材料であれば、コンタクトホールの形状を良好なものとすることができる。

【0192】また、配線 16 はシーリル 19 と基板 10 との間を隙間 (但し封止剤 81 で塞がれている。) を通って FPC 17 に電氣的に接続される。なお、ここでは配線 16 について説明したが、他の配線 14、15 も同様にしてシーリング材 19 の下を通して FPC 17 に電氣的に接続される。

【0193】ここで画素部のさらに詳細な断面構造を図 24 に、上面構造を図 25 (A) に、回路図を図 25 (B) に示す。図 24 (A) において、基板 2401 上に設けられたスイッチング用 TFT 2402 は実施例 6 の図 12 (B) の画素 TFT 204 と同じ構造で形成される。ダブルゲート構造とすることで実質的に二つの TFT が直列された構造となり、オフ電流値を低減することができるという利点がある。なお、本実施例ではダブルゲート構造としているがトリプルゲート構造やそれ以上のゲート本数を持つマルチゲート構造でも良い。

【0194】また、電流制御用 TFT 2403 は図 12 (B) で示す n チャンネル型 TFT 201 を用いて形成する。このとき、スイッチング用 TFT 2402 のドレイン線 35 は配線 36 によって電流制御用 TFT のゲート電極 37 に電氣的に接続されている。また、38 で示される配線は、スイッチング用 TFT 2402 のゲート電極 39a、39b を電氣的に接続するゲート線である。

【0195】このとき、電流制御用 TFT 2403 が本発明の構造であることは非常に重要な意味を持つ。電流制御用 TFT は EL 素子を通る電流量を制御するための素子であるため、多くの電流が流れ、熱による劣化や

ホットキャリアによる劣化の危険性が高い素子でもある。そのため、電流制御用 TFT にゲート電極と一部が重なる LDD 領域を設けることで TFT の劣化を防ぎ、動作の安定性を高めることができる。

【0196】また、本実施例では電流制御用 TFT 2403 をシングルゲート構造で図示しているが、複数の TFT を直列につなげたマルチゲート構造としても良い。さらに、複数の TFT を並列につなげて実質的にチャネル形成領域を複数に分割し、熱の放射を高い効率で行えるようにした構造としても良い。このような構造は熱による劣化対策として有効である。

【0197】また、図 25 (A) に示すように、電流制御用 TFT 2403 のゲート電極 37 となる配線は 2404 で示される領域で、電流制御用 TFT 2403 のドレイン線 40 と絶縁膜を介して重なる。このとき、2404 で示される領域ではコンデンサが形成される。このコンデンサ 2404 は電流制御用 TFT 2403 のゲートにかかる電圧を保持するためのコンデンサとして機能する。なお、ドレイン線 40 は電流供給線 (電源線) 2501 に接続され、常に一定の電圧が加えられている。

【0198】スイッチング用 TFT 2402 及び電流制御用 TFT 2403 の上には第 1 パッシベーション膜 41 が設けられ、その上に樹脂絶縁膜でなる平坦化膜 42 が形成される。平坦化膜 42 を用いて TFT による段差を平坦化することは非常に重要である。後に形成される EL 層は非常に薄いため、段差が存在することによって発光不良を起こす場合がある。従って、EL 層をできるだけ平坦面に形成しうるように画素電極を形成する前に平坦化しておくことが望ましい。

【0199】また、43 は反射性の高い導電膜でなる画素電極 (EL 素子の陰極) であり、電流制御用 TFT 2403 のドレインに電氣的に接続される。画素電極 43 としてはアルミニウム合金膜、銅合金膜または銀合金膜など低抵抗な導電膜またはそれらの積層膜を用いることが好ましい。勿論、他の導電膜との積層構造としても良い。また、絶縁膜 (好ましくは樹脂) で形成されたバンク 44a、44b により形成された溝 (画素に相当する) の中に発光層 45 が形成される。なお、ここでは一画素しか図示していないが、R (赤)、G (緑)、B (青) の各色に対応した発光層を作り分けても良い。発光層とする有機 EL 材料としては  $\pi$  共役ポリマー系材料を用いる。代表的なポリマー系材料としては、ポリパラフェニレンビニレン (PPV) 系、ポリビニルカルバゾール (PVK) 系、ポリフルオレン系などが挙げられる。なお、PPV 系有機 EL 材料としては様々な型のものがあるが、例えば「H. Shenk, H. Becker, O. Gelsen, E. Kluge, W. Kreuder, and H. Spreitzer, "Polymers for Light Emitting Diodes", Euro Display, Proceedings, 1999, p. 33-37」や特開平 10-92576 号公報に記載されたような材料を用いれば良い。

【0200】具体的な発光層としては、赤色に発光する発光層にはシアノポリフェニレンビニレン、緑色に発光する発光層にはポリフェニレンビニレン、青色に発光する発光層にはポリフェニレンビニレン若しくはポリアルキルフェニレンを用いれば良い。膜厚は30~150nm（好ましくは40~100nm）とすれば良い。但し、以上の例は発光層として用いることのできる有機EL材料の一例であって、これに限定する必要はまったくない。発光層、電荷輸送層または電荷注入層を自由に組み合わせてEL層（発光及びそのためのキャリアの移動を行わせるための層）を形成すれば良い。例えば、本実施例ではポリマー系材料を発光層として用いる例を示したが、低分子系有機EL材料を用いても良い。また、電荷輸送層や電荷注入層として炭化珪素等の無機材料を用いることも可能である。これらの有機EL材料や無機材料は公知の材料を用いることができる。

【0201】本実施例では発光層45の上にPEDOT（ポリチオフェン）またはPAni（ポリアニリン）でなる正孔注入層46を設けた積層構造のEL層としている。そして、正孔注入層46の上には透明導電膜でなる陽極47が設けられる。本実施例の場合、発光層45で生成された光は上面側に向かって（TFTの上方に向かって）放射されるため、陽極は透光性でなければならない。透明導電膜としては酸化インジウムと酸化スズとの化合物や酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物を用いることができるが、耐熱性の低い発光層や正孔注入層を形成した後で形成するため、可能な限り低温で成膜できるものが好ましい。

【0202】陽極47まで形成された時点でEL素子2405が完成する。なお、ここでいうEL素子2405は、画素電極（陰極）43、発光層45、正孔注入層46及び陽極47で形成されたコンデンサを指す。図26（A）に示すように画素電極43は画素の面積にほぼ一致するため、画素全体がEL素子として機能する。従って、発光の利用効率が非常に高く、明るい画像表示が可能となる。

【0203】ところで、本実施例では、陽極47の上にさらに第2パッシベーション膜48を設けている。第2パッシベーション膜48としては窒化珪素膜または窒化酸化珪素膜が好ましい。この目的は、外部とEL素子とを遮断することであり、有機EL材料の酸化による劣化を防ぐ意味と、有機EL材料からの脱ガスを抑える意味との両方を併せ持つ。これによりEL表示装置の信頼性が高められる。

【0204】以上のように本願発明のEL表示パネルは図25のような構造の画素からなる画素部を有し、オフ電流値の十分に低いスイッチング用TFTと、ホットキャリア注入に強い電流制御用TFTとを有する。従って、高い信頼性を有し、且つ、良好な画像表示が可能なEL表示パネルが得られる。

【0205】図24（B）はEL層の構造を反転させた例を示す。電流制御用TFT2601は図12（B）のpチャネル型TFT200を用いて形成される。作製プロセスは実施例6を参照すれば良い。本実施例では、画素電極（陽極）50として透明導電膜を用いる。具体的には酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物でなる導電膜を用いる。勿論、酸化インジウムと酸化スズとの化合物でなる導電膜を用いても良い。

【0206】そして、絶縁膜でなるバンク51a、51bが形成された後、溶液塗布によりポリビニルカルバゾールでなる発光層52が形成される。その上にはカリウムアセチルアセトネート（acacKと表記される）でなる電子注入層53、アルミニウム合金でなる陰極54が形成される。この場合、陰極54がパッシベーション膜としても機能する。こうしてEL素子2602が形成される。本実施例の場合、発光層53で発生した光は、矢印で示されるようにTFTが形成された基板の方に向かって放射される。本実施例のような構造とする場合、電流制御用TFT2601はpチャネル型TFTで形成することが好ましい。

【0207】尚、本実施例の構成は、実施例6~7のTFTの構成を自由に組み合わせて実施することが可能である。また、実施例13の電子機器の表示部として本実施例のEL表示パネルを用いることは有効である。

【0208】[実施例12]本実施例では、図25（B）に示した回路図とは異なる構造の画素とした場合の例について図26に示す。なお、本実施例において、2701はスイッチング用TFT2702のソース配線、2703はスイッチング用TFT2702のゲート配線、2704は電流制御用TFT、2705はコンデンサ、2706、2708は電流供給線、2707はEL素子とする。

【0209】図26（A）は、二つの画素間で電流供給線2706を共通とした場合の例である。即ち、二つの画素が電流供給線2706を中心に線対称となるように形成されている点に特徴がある。この場合、電源供給線の本数を減らすことができるため、画素部をさらに高精細化することができる。

【0210】また、図26（B）は、電流供給線2708をゲート配線2703と平行に設けた場合の例である。なお、図26（B）では電流供給線2708とゲート配線2703とが重ならないように設けた構造となっているが、両者が異なる層に形成される配線であれば、絶縁膜を介して重なるように設けることもできる。この場合、電源供給線2708とゲート配線2703とで専有面積を共有させることができるため、画素部をさらに高精細化することができる。

【0211】また、図26（C）は、図26（B）の構造と同様に電流供給線2708をゲート配線2703a、bと平行に設け、さらに、二つの画素を電流供給線

2708を中心に線対称となるように形成する点に特徴がある。また、電流供給線2708をゲート配線2703のいずれか一方と重なるように設けることも有効である。この場合、電源供給線の本数を減らすことができるため、画素部をさらに高精細化することができる。図26(A)、図26(B)では電流制御用TFT2704のゲートにかかる電圧を保持するためにコンデンサ2705を設ける構造としているが、コンデンサ2705を省略することも可能である。

【0212】電流制御用TFT2403として図24(A)に示すような本願発明のnチャネル型TFTを用いているため、ゲート絶縁膜を介してゲート電極(と重なるように設けられたLDD領域を有している。この重なり合った領域には一般的にゲート容量と呼ばれる寄生容量が形成されるが、本実施例ではこの寄生容量をコンデンサ2404の代わりとして積極的に用いる点に特徴がある。この寄生容量のキャパシタンスは上記ゲート電極とLDD領域とが重なり合った面積で変化するため、その重なり合った領域に含まれるLDD領域の長さによって決まる。また、図26(A)、(B)、(C)の構造においても同様にコンデンサ2705を省略することは可能である。

【0213】尚、本実施例の構成は、実施例6～7のTFTの構成を自由に組み合わせて実施することが可能である。また、実施例13の電子機器の表示部として本実施例のEL表示パネルを用いることは有効である。

【0214】〔実施例13〕本願発明を実施して形成されたCMOS回路や画素部は様々な電気光学装置(アクティブマトリクス型液晶ディスプレイ、アクティブマトリクス型ELディスプレイ、アクティブマトリクス型ECディスプレイ)に用いることができる。即ち、それら電気光学装置を表示部に組み込んだ電子機器全てに本願発明を実施できる。

【0215】その様な電子機器としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター(リア型またはフロント型)、ヘッドマウントディスプレイ(ゴーグル型ディスプレイ)、カーナビゲーション、カーステレオ、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等)などが挙げられる。それらの一例を図27、図28及び図29に示す。

【0216】図27(A)はパーソナルコンピュータであり、本体3001、画像入力部3002、表示部3003、キーボード3004等を含む。本発明を画像入力部3002、表示部3003やその他の駆動回路に適用することができる。

【0217】図27(B)はビデオカメラであり、本体3101、表示部3102、音声入力部3103、操作スイッチ3104、バッテリー3105、受像部3106等を含む。本発明を表示部3102やその他の駆動回路に適用することができる。

【0218】図27(C)はモバイルコンピュータ(モバイルコンピュータ)であり、本体3201、カメラ部3202、受像部3203、操作スイッチ3204、表示部3205等を含む。本発明は表示部3205やその他の駆動回路に適用できる。

【0219】図27(D)はゴーグル型ディスプレイであり、本体3301、表示部3302、アーム部3303等を含む。本発明は表示部3302やその他の駆動回路に適用することができる。

【0220】図27(E)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤーであり、本体3401、表示部3402、スピーカ部3403、記録媒体3404、操作スイッチ3405等を含む。なお、このプレーヤーは記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。本発明は表示部3402やその他の駆動回路に適用することができる。

【0221】図27(F)はデジタルカメラであり、本体3501、表示部3502、接眼部3503、操作スイッチ3504、受像部(図示しない)等を含む。本願発明を表示部3502やその他の駆動回路に適用することができる。

【0222】図28(A)はフロント型プロジェクターであり、投射装置3601、スクリーン3602等を含む。本発明は投射装置3601の一部を構成する液晶表示装置3808やその他の駆動回路に適用することができる。

【0223】図28(B)はリア型プロジェクターであり、本体3701、投射装置3702、ミラー3703、スクリーン3704等を含む。本発明は投射装置3702の一部を構成する液晶表示装置3808やその他の駆動回路に適用することができる。

【0224】なお、図28(C)は、図28(A)及び図28(B)中における投射装置3601、3702の構造の一例を示した図である。投射装置3601、3702は、光源光学系3801、ミラー3802、3804～3806、ダイクロイックミラー3803、プリズム3807、液晶表示装置3808、位相差板3809、投射光学系3810で構成される。投射光学系3810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図28(C)中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0225】また、図28(D)は、図28(C)中における光源光学系3801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系3801は、リフレクター3811、光源3812、レンズアレイ3813、381

4、偏光変換素子 3815、集光レンズ 3816 で構成される。なお、図 28 (D) に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0226】ただし、図 28 に示したプロジェクターにおいては、透過型の電気光学装置を用いた場合を示しており、反射型の電気光学装置及び EL 表示装置での適用例は図示していない。

【0227】図 29 (A) は携帯電話であり、本体 3901、音声出力部 3902、音声入力部 3903、表示部 3904、操作スイッチ 3905、アンテナ 3906 等を含む。本願発明を音声出力部 3902、音声入力部 3903、表示部 3904 やその他の駆動回路に適用することができる。

【0228】図 29 (B) は携帯書籍（電子書籍）であり、本体 4001、表示部 4002、4003、記憶媒体 4004、操作スイッチ 4005、アンテナ 4006 等を含む。本発明は表示部 4002、4003 やその他の駆動回路に適用することができる。

【0229】図 29 (C) はディスプレイであり、本体 4101、支持台 4102、表示部 4103 等を含む。本発明は表示部 4103 に適用することができる。本発明のディスプレイは特に大画面化した場合において有利であり、対角 10 インチ以上（特に 30 インチ以上）のディスプレイには有利である。

【0230】以上の様に、本願発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例 4～12 のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

#### 【0231】

【発明の効果】本発明が開示する線状のレーザビームの光学系を用いれば、光学系の位置調整が非常に簡単になる。また、すべて反射鏡にて光学系を構成したため線状のレーザビームを容易に長尺化できる。これによる効果は、大面積基板にスルーブット良くレーザビームを照射できることにある。本技術を例えば、低温ポリシリコン TFT の量産ラインに適用すれば、動作特性の高い TFT を効率良く生産できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明が開示するレーザ照射装置の例を示す図。

【図 2】 従来のレーザ照射装置を示す図。

【図 3】 本発明が開示する光学系に含まれる反射鏡の形状を示す図。

【図 4】 本発明が開示するレーザ照射装置の例を示す図。

【図 5】 本発明が開示するレーザ照射装置の例を示す

図。

【図 6】 本発明が開示するレーザ照射装置の例を示す図。

【図 7】 本発明が開示する光学系に含まれる反射鏡の形状を示す図。

【図 8】 本発明が開示する光学系に含まれる反射鏡の形状を示す図。

【図 9】 大量生産用のレーザ照射装置の例を示す図。

【図 10】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 11】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 12】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 13】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程を示す断面図。

【図 14】 駆動回路の TFT と画素 TFT の構造を示す上面図。

【図 15】 駆動回路の TFT と画素 TFT の構造を示す断面図。

【図 16】 駆動回路の TFT の構成を示す断面図。

【図 17】 画素 TFT の構成を示す断面図。

【図 18】 画素部の画素を示す上面図。

【図 19】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の作製工程を示す断面図。

【図 20】 液晶表示装置の入出力端子、配線、回路配置、スペーサ、シール剤の配置を説明する上面図。

【図 21】 液晶表示装置の構造を示す斜視図。

【図 22】 アクティブマトリクス型表示装置の回路構成を説明するブロック図。

【図 23】 EL 表示装置の構造を示す上面図及び断面図。

【図 24】 EL 表示装置の画素部の断面図。

【図 25】 EL 表示装置の画素部の上面図と回路図。

【図 26】 EL 表示装置の画素部の回路図の例。

【図 27】 半導体装置の一例を示す図。

【図 28】 半導体装置の一例を示す図。

【図 29】 投影型液晶表示装置の構成を示す図。

#### 【符号の説明】

1101 レーザ発振器

1102 放物面鏡

1103 放物面鏡

1104 平面鏡

1105 平面鏡

1106 反射鏡

1107 反射鏡

1108 被照射面

1109 ステージ

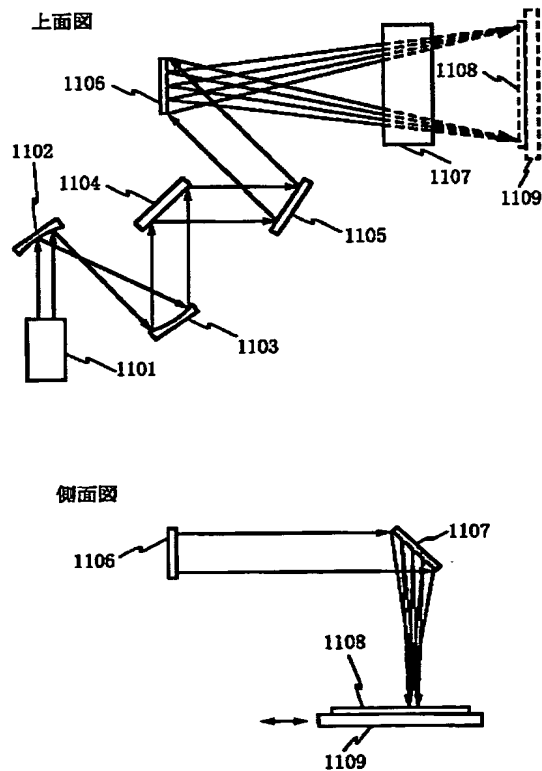
1201 レーザ発振器

1202 シリンドリカルレンズアレイ

51

- 1203 シリンドリカルレンズアレイ
- 1204 シリンドリカルレンズ
- 1205 シリンドリカルレンズ
- 1207 ミラー
- 1208 ダブルレットシリンドリカルレンズ
- 1209 被照射面
- 1300 反射鏡
- 1301 シリンドリカル放物面鏡
- 1302 シリンドリカル放物面鏡
- 1303 被照射面
- 1304 焦点
- 1305 焦点
- 1306 放物線
- 1401 反射鏡
- 1501 反射鏡
- 1601 反射鏡
- 1700 反射鏡
- 1701 シリンドリカル放物面鏡
- 1702 シリンドリカル放物面鏡
- 1703 被照射面
- 1704 焦点
- 1705 放物線

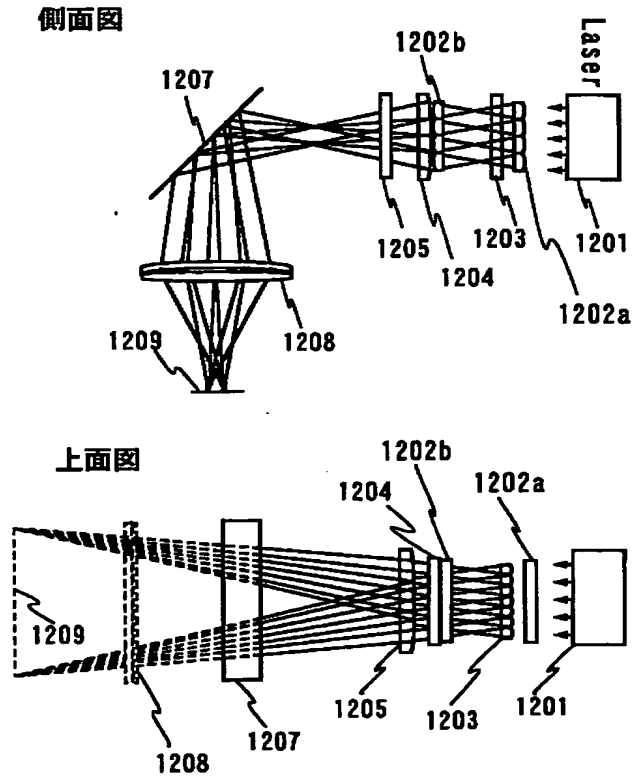
【図 1】



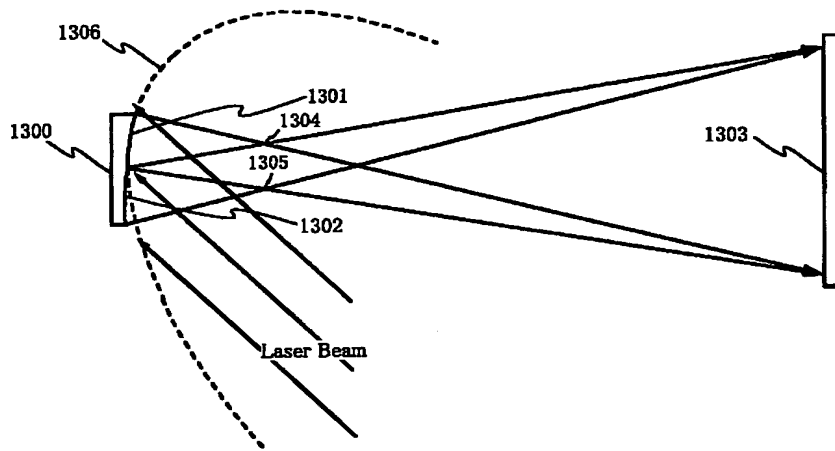
52

- 1800 反射鏡
- 1801 平面鏡
- 1802 平面鏡
- 1803 平面鏡
- 1804 被照射面
- 1900 レーザ発振器
- 1901 ロードアンロード室
- 1902 トランスファ室
- 1903 ロボットアーム
- 10 1904 アライメント室
- 1905 プレヒート室
- 1906 ゲートバルブ
- 1907 レーザ照射室
- 1908 照射面
- 1909 レーザ光学系
- 1910 石英窓
- 1911 真空ポンプ
- 1912 ガスボンベ
- 1913 移動機構
- 20 1914 赤外線ランプ
- 1915 クーリング室

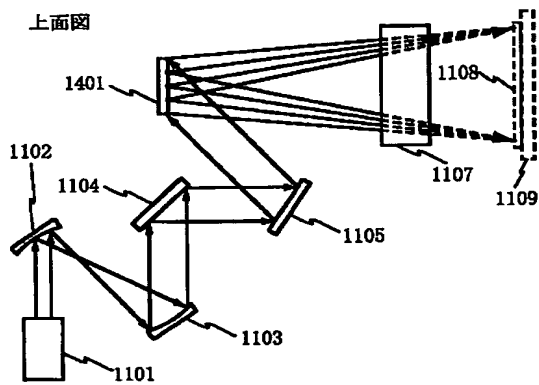
【図 2】



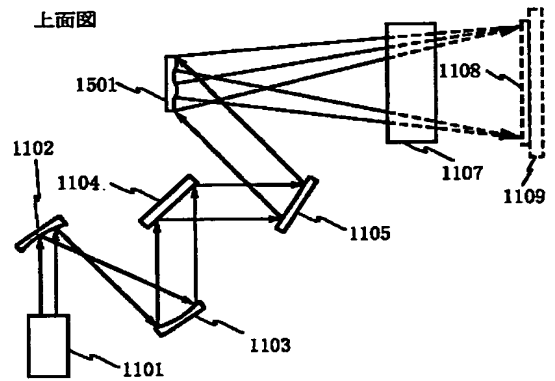
【図 3】



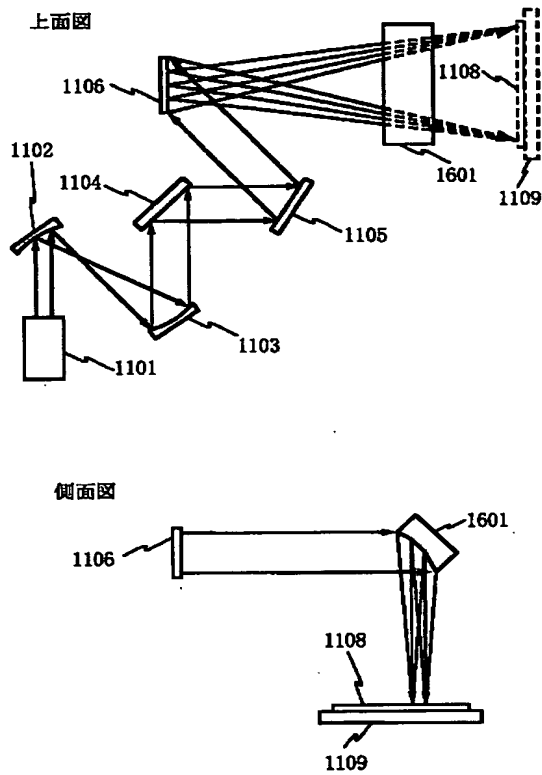
【図 4】



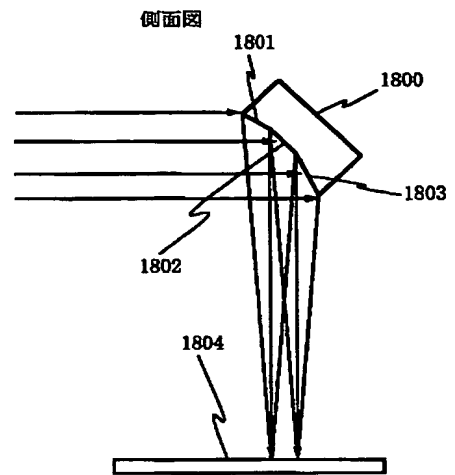
【図 5】



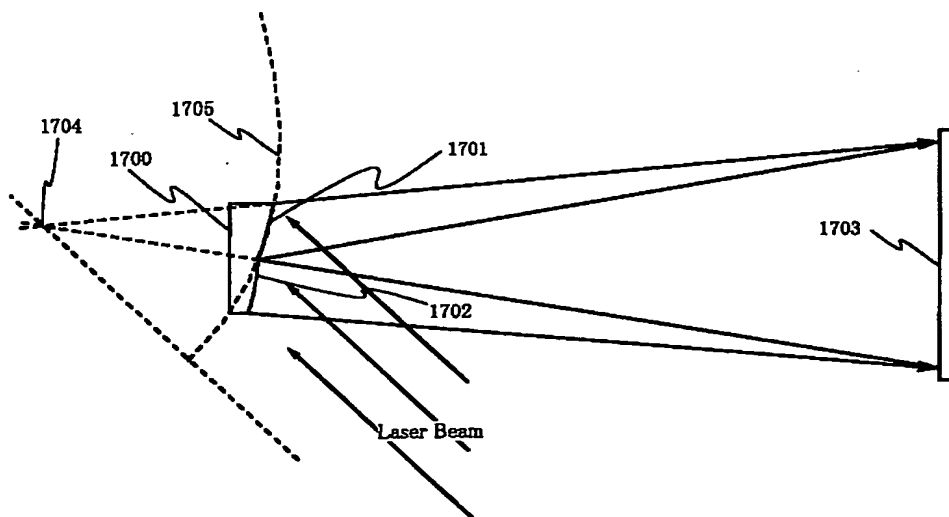
【図 6】



【図 8】

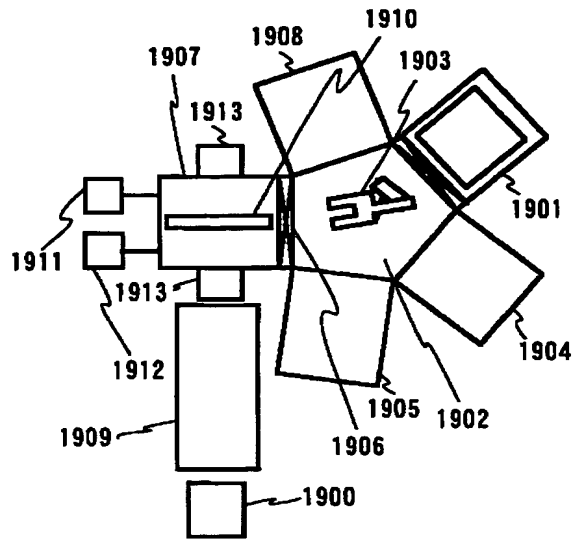


【図 7】

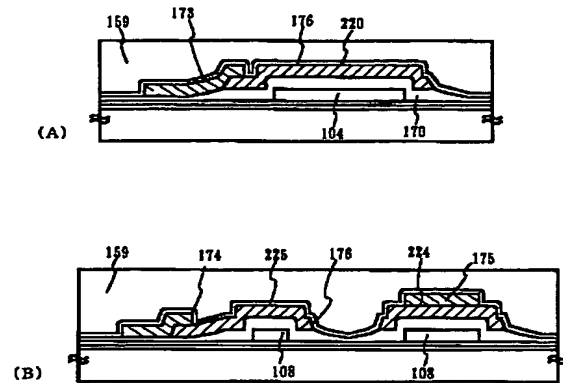




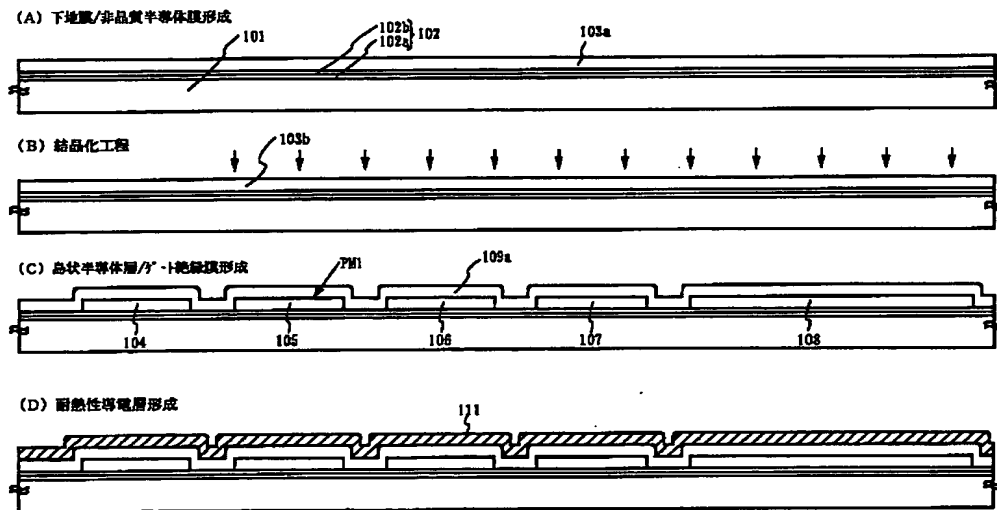
【図9】



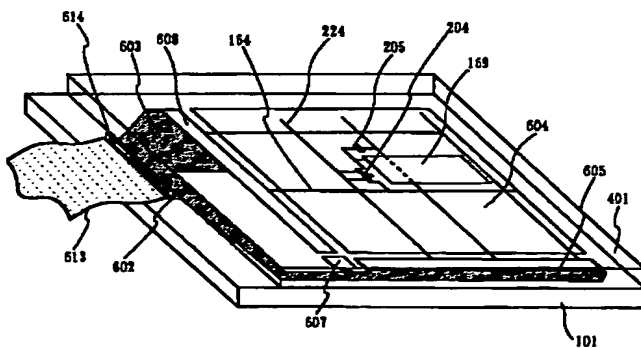
【図15】



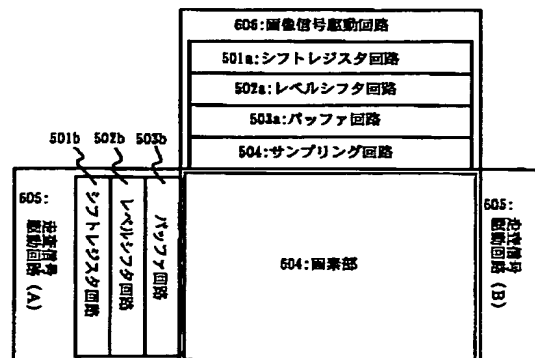
【図10】



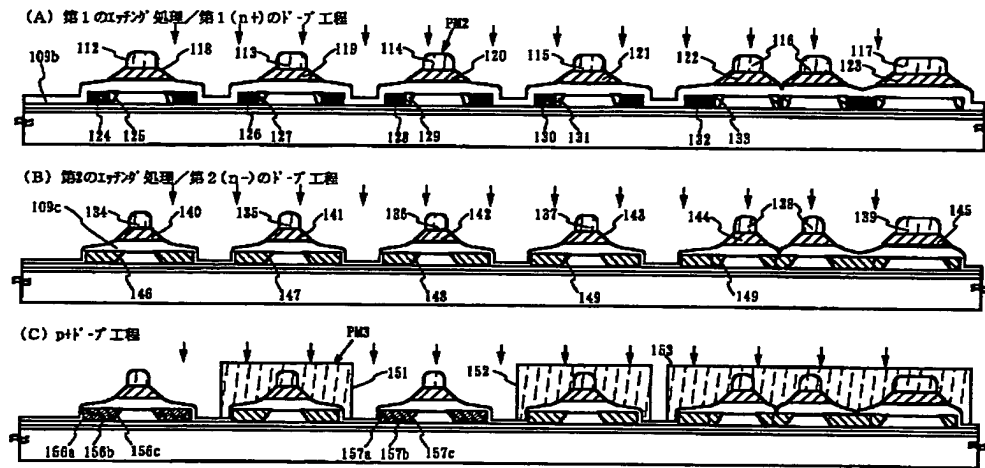
【図21】



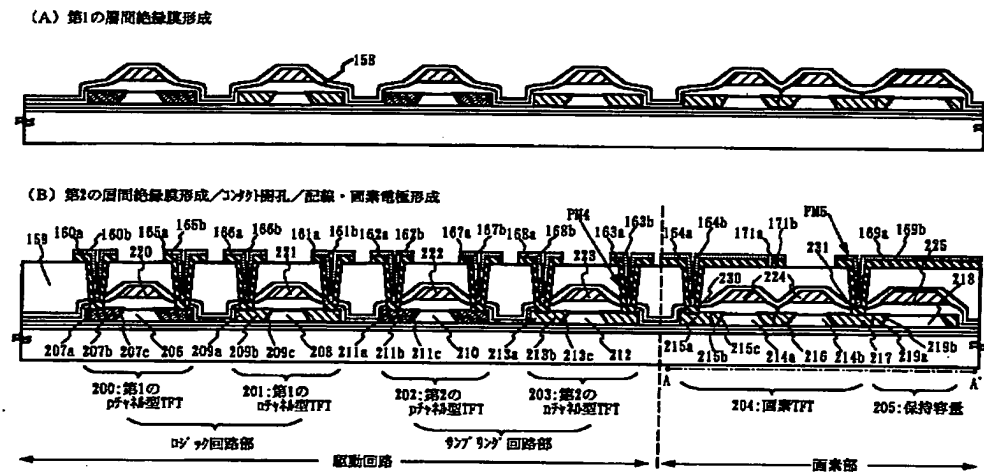
【図22】



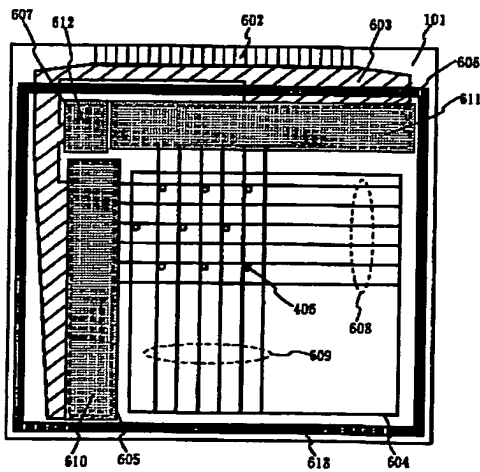
【図11】



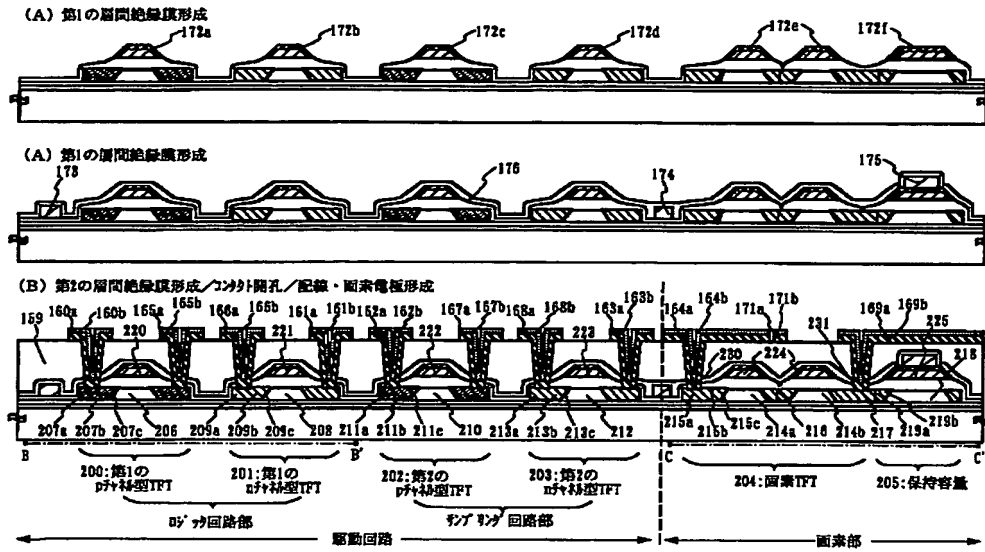
【図12】



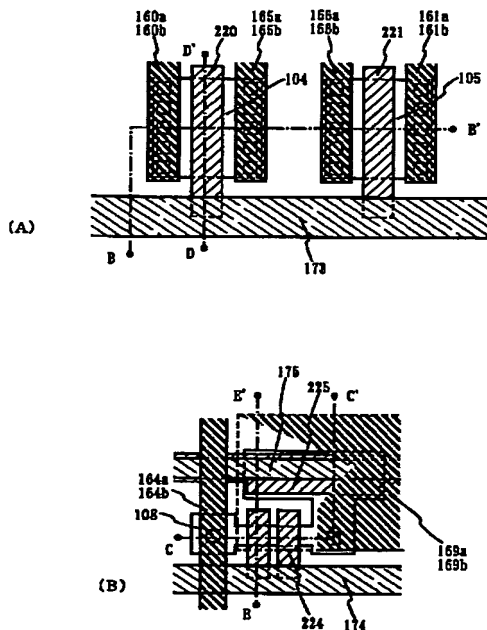
【図20】



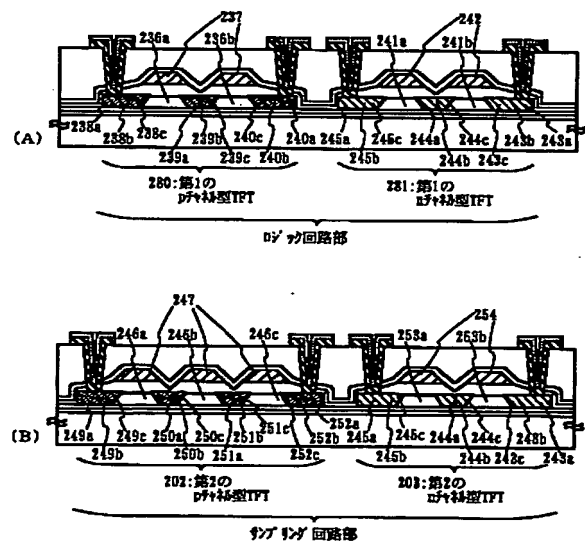
【図 13】



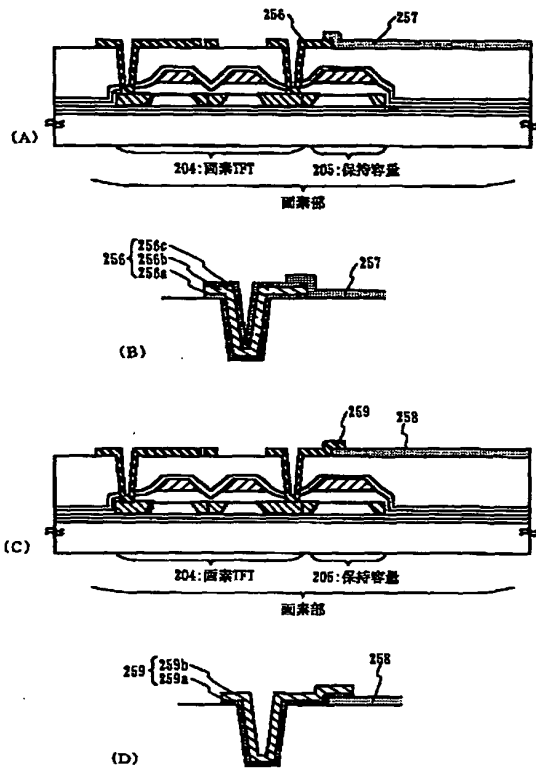
【図 14】



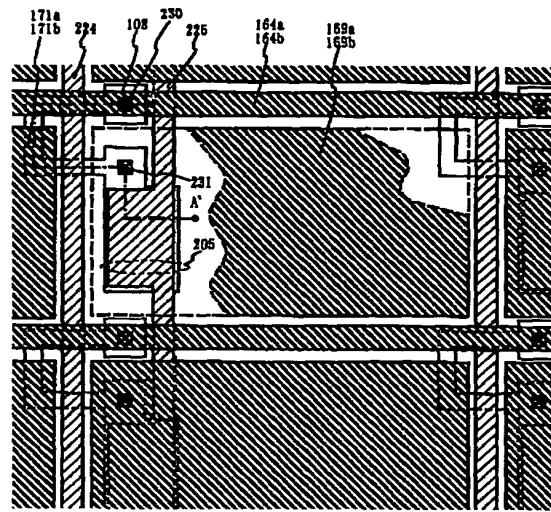
【図 16】



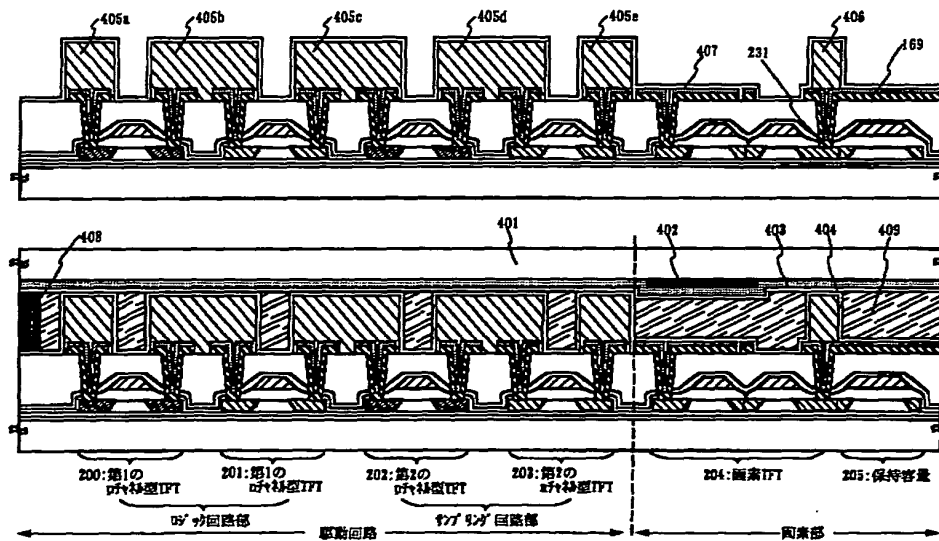
【図17】



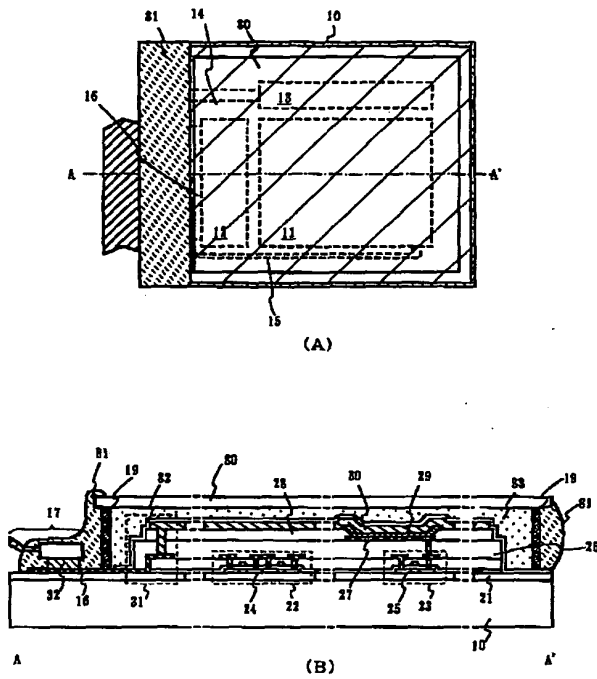
【図18】



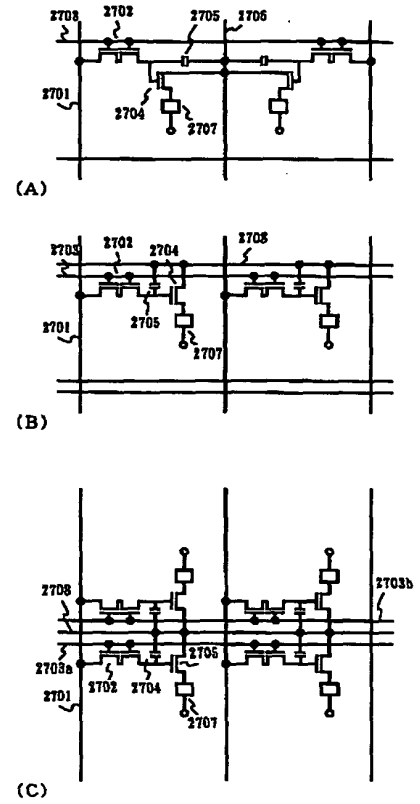
【図19】



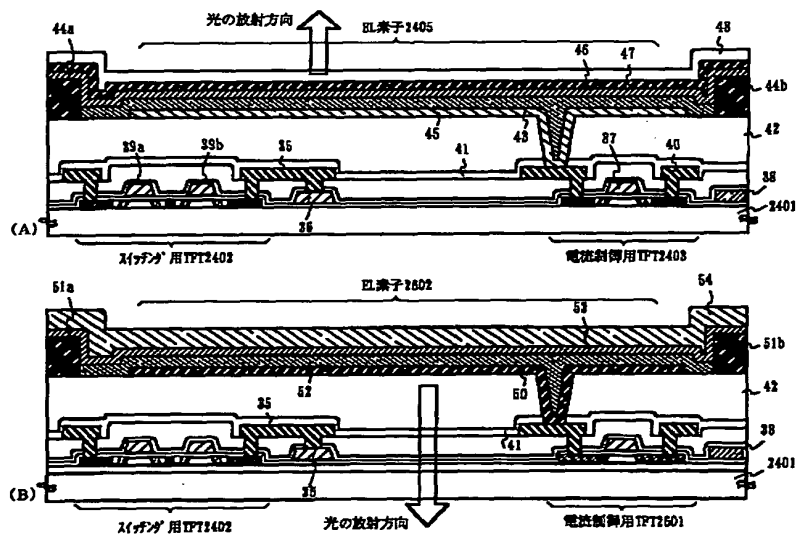
【図 23】



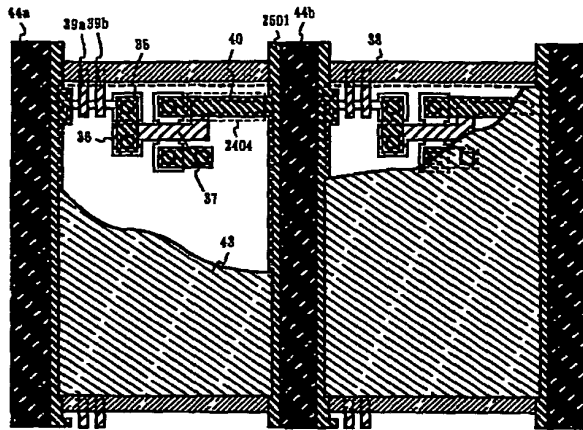
【図 26】



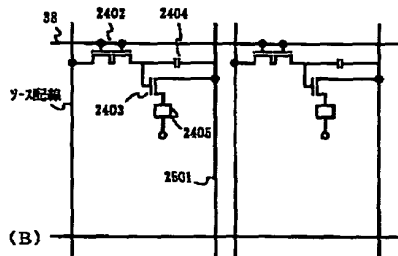
【図 24】



【図 25】

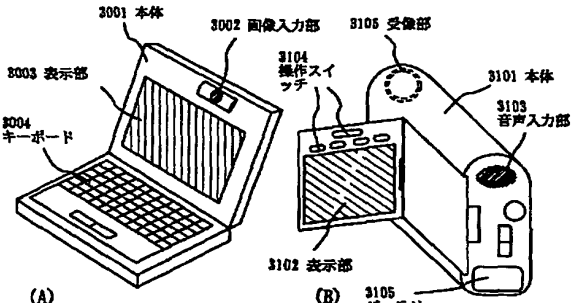


(A)



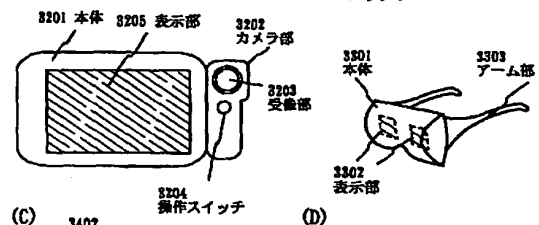
(B)

【図 27】



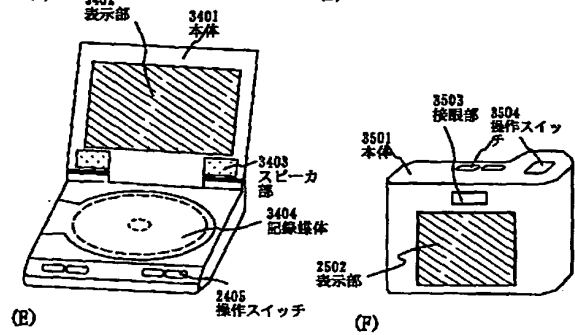
(A)

(B)



(C)

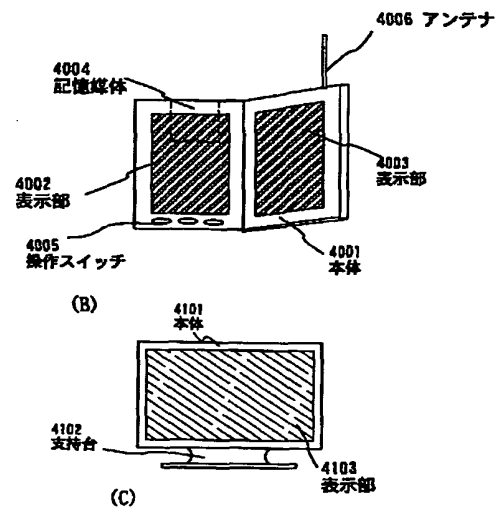
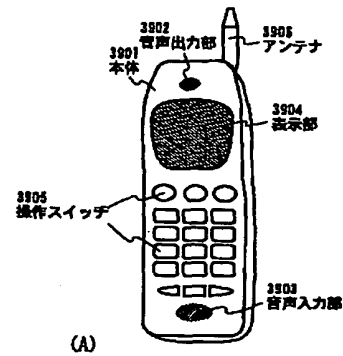
(D)



(E)

(F)

【図 29】



テーマコード（参考）